

MODERN RESEARCH: TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES



**II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE FOR APPLICANTS FOR HIGHER EDUCATION,
OF EDUCATIONAL AND SCIENTISTS 29-30 November 2023**

Volume 1

KYIV 2023

**Proceedings of II International scientific and practical conference for applicants
for higher education, of educational and scientists " MODERN RESEARCH:
TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND INNOVATION TECHNOLOGIES"
29-30 November 2023 Kyiv city, UKRAINE**

Volume 1

The conference is held with the support of the Ministry of Education and Science of Ukraine and is registered with the State Scientific Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Information (№ 396, October 9, 2023)”

ORGANIZERS

1. Ministry of Education and Science of Ukraine.
2. Kyiv Institute of Railway Transport of the State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine.
3. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine.
4. University of Žilina, Country Slovak Republic.
5. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Technical Sciences, Poland.
6. Technical University of Koszalin, Koszalin, Poland
7. Tafila Technical University, Jordan.
8. The Institute of Power Engineering, Moldova.

The collection of conference materials is a scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, candidates and Doctors of Science, scientists and practitioners from Ukraine, Europe and other countries. Articles contain researches of modern innovative processes in science. The collection is intended for approbation of scientific research by bachelors, masters, graduate students, doctoral students, teachers and scientific researchers, as well as to expand the scientific horizons of researchers from relevant fields of knowledge and inform a wide range of scientists and practitioners about the existing modern problems in various fields.

The materials are presented in the author's edition

**The conference was held by the Kyiv Institute of Railway Transport of the
State University of Infrastructure and Technology (Ukraine)**

М А Т Е Р І А Л И

II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

29-30 листопада 2023 р., м.Київ

Частина 1

Конференція проведена при підтримці Міністерства освіти і науки України та зареєстрована в ДУ «Український інститут науково-технічної інформації» (УкрІНТЕІ) за № 396 від 09.10.2023р.

Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 29-30 листопада 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №396 від 09.10.2023, 2023. Ч.1. 329 с.

Голова оргкомітету конференції:

Губаревич О.В. – к.т.н., доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Відповідальний секретар конференції:

Муравйов В.М. – к.ф.-м.н., доцент кафедри «Системи штучного інтелекту та телекомунікаційні технології» Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

До електронного збірника увійшли матеріали доповідей, поданих до II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ», яка організована Київським інститутом залізничного транспорту Державного університету інфраструктури при підтримці Міністерства освіти і науки України.

Електронне наукове видання призначено для апробації наукових досліджень бакалаврів, магістрів, аспірантів, докторантів, викладачів та наукових співробітників, а також для розширення наукового кругозору дослідників транспортної галузі та суміжних сучасних галузей знань, інформування широкого кола вчених та практиків щодо існуючих сучасних проблем у галузі та розвитку міжнародної співпраці.

Матеріали подано в авторській редакції

© КІЗТ Державний університет інфраструктури та технологій, 2023

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ SCIENTIFIC COMMITTEE CONFERENCES

Голова

Брайковська Н.С. – к.т.н., професор, Почесний працівник транспорту України, Почесний залізничник, ректор Державного університету інфраструктури та технологій.

Заступники голови

Твердомед В.М. – к.т.н., доцент, директор Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Горобченко О.М. – д.т.н., професор, декан факультету інфраструктури та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, головний редактор Збірника наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій «Транспортні системи та технології»;

Стрелко О.Г. – д.і.н., професор, декан факультету управління залізничним транспортом Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Губаревич О.В. – к.т.н., доцент, член-кореспондент Академії прикладних наук, доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій.

Члени наукового комітету

Кузнєцов Ю.М. – д.т.н., професор, віце-президент ГО «Національна академія наук вищої освіти України», академік Міжнародної академії наук і інноваційних технологій, професор кафедри конструювання машин Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Саленко О.Ф. – д.т.н., професор, академік ГО «Національна академія наук вищої освіти України», академік Академії інженерних наук України, академік Академії наук національного прогресу України, професор кафедри конструювання машин Механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Шинкаренко В.Ф. – д.т.н., професор, академік ГО «Національна академія наук вищої освіти України», професор кафедри електромеханіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Квасніков В.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій Національного авіаційного університету, Заслужений метролог України;

Кириченко І.О. – д.т.н. професор, професор кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Ловська А.О. – д.т.н., доцент, професор кафедри інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту;

Мазуренко Л.І. – д.т.н., професор, завідувач відділу електромеханіки інституту електродинаміки НАН України, завідувач кафедри електротехніки та електроприводу Київського національного університету будівництва і архітектури;

Новіков О.Є. – д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Миколаївського національного аграрного університету;

Подольцев О.Д. – д.т.н., головний науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України;

Попович О.М. – д.т.н., провідний науковий співробітник Інституту електродинаміки НАН України;

Потриваєва Н.В. – д.е.н., професор, завідувач науково–дослідного відділу Миколаївського національного аграрного університету;

Ставинський А.А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету;

Ткаченко В.П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Фомін О.В. – д.т.н., професор, професор кафедри вагонів та вагонного господарства Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Чорний О.П. – д.т.н., професор, директор Інституту електромеханіки, енергозбереження і систем управління Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського;

Шавьолкін О.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп’ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;

Шебанін В.С. – д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Національної академії аграрних наук України, ректор Миколаївського національного аграрного університету;

Шведчикова І.О. – д.т.н., професор, професор кафедри комп’ютерної інженерії та електромеханіки Київського національного університету технологій та дизайну;

Голенков Г.М. – к.т.н., доцент кафедри електротехніки та електроприводу Київського національного університету будівництва і архітектури;

Гулак С.О. – к.т.н., доцент, доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій;

Кравець А.М. – к.т.н., доцент, завідувач науково-дослідної частини Українського державного університету залізничного транспорту;

Мелконов Г.Л. – к.т.н. доцент, доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Мелконова І.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедри електричної інженерії, заступник декана факультету інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Руднєв Є.С. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля;

Садовий О.С. – к.т.н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету;

Adam Rosiński – Professor, Department of Transport Telecommunication, Faculty of Transport, Warsaw University Of Technology, Poland;

Atef Saleh Almashakbeh – Professor, Vice President for Academic Affair, Tafila Technical University, Jordan;

Eyad Kh Almaita – Professor at Power and Mechatronics Engineering Dept., Tafila Technical University, Jordan;

Jacek Paś – Professor, Faculty of Electronic, Military University of Technology of Warsaw, Poland;

Jafar Abukhait – Associate Professor at the Computer and Communications Engineering, Faculty of Engineering, Tafila Technical University, Jordan

Ján Dižo – PhD, Associate Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;

Juraj Gerlici – Professor, Dr. Ing. Head of the Department of transport and handling machines, Faculty of Mechanical Engineering, University of Zilina, Slovak Republic;

Kateryna Kravchenko – Associate Professor, Ph.D. research of the Department of Transport and Handling Machines, The Faculty of Mechanical Engineering, University of Zilina, Slovak Republic;

Krzysztof Rokosz – Professor, Faculty of Electronic and Informatics, Technical University of Koszalin, Poland.

Maen Saleh Mustafa – Prof. of Computer Engineering, CCE Dept., Tafila Technical University, Jordan;

Mihai Tirsu – Doctor of Technical Sciences, Dr. at Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova;

Mirosław Bramowicz – Doctor hab. inż., Associate professor, Faculty of Technical Sciences, Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;

Oleksandr Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Handling Machines, University of Zilina, Slovak Republic;

Sławomir Kulesza – Doctor of Experimental Physics, Professor, staff of the Department of Mechatronics of the Faculty of Technical Sciences of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, former Head of the Department of Relativistic Physics of the Faculty of Mathematics and Informatics of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;

Sławomir Wierzbicki – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechatronics, Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland;

Stanisław Duer – Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Koszalin, Poland;

Szymon Racewicz – Doctor of Technical Sciences, Assistant professor, Faculty of Technical Sciences, Department of Mechatronics of the Warmia and Mazury University in Olsztyn, Poland;

Valentin Oleschuk – Doctor of Technical Sciences, Chief (Principal) researcher Institute of Power Engineering of Technical University of Moldova, Chisinau;

Wojciech Sobieski – Doctor of Technical Sciences, Professor UWM, Faculty of Technical Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland.

ЗМІСТ TABLE OF CONTENTS

Секція 1: ІННОВАЦІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ	
Section 1: INNOVATIONS IN THE TRANSPORT INDUSTRY AND TECHNOLOGIES.....	18
<i>Антонюк Д.О., Самсонкін В.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛОКОМОТИВНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ RESEARCH OF THE CURRENT STATE OF THE LOCOMOTIVE DEPARTMENT OF UKRAINE.....	18
<i>Антонюк І.П., Ткаченко В.П.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПУСКУ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК MODERNIZATION OF THE DIESEL LOGO STARTING SYSTEM TO IMPROVE ITS ENERGY CHARACTERISTICS.....	24
<i>Бійчук І.О., Булгакова Ю.В.</i> ІНТЕГРАЦІЯ ВАГОНІВ ВАРШАВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ У СИСТЕМУ МЕТРОПОЛІТЕНУ МІСТА КИЄВА INTEGRATION OF CARS OF THE WARSAW METROPOLITAN IN THE METROPOLITAN SYSTEM OF THE CITY OF KYIV.....	29
<i>Буренко Ю.П., Ткаченко В.П.</i> ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗРОЗБІРНОЇ ОЧИСТКИ ПАЛИВНОЇ АППАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ TECHNOLOGY OF GROSS-LESS CLEANING OF DIESEL DIESEL FIRING EQUIPMENT.....	33
<i>Волошин Д.І., Волошина Л.В.</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДТРИМУЮЧИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ВАГОНОРЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SUPPORTING PRODUCTION PROCESSES IN THE WAGONS REPAIR PRODUCTION.....	37
<i>Габа В.В., Грушевська Т.М., Коротенко Д.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ПЕРІОД ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ RESEARCH OF THE ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN THE PERIOD OF MILITARY ACTIONS IN UKRAINE.....	40
<i>Голубєв А.В., Снівак О.М.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИЛОВИХ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ MODERNIZATION OF POWER SWITCHING APPARATUS OF RAILWAY TRACTION ROLLING STOCK.....	43

Гончаров В.Ю., Павлюк З.І., Дорошенко О.Ю.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ ТНХК НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ	
STUDY OF THE INFLUENCE OF TNHK ADDITION ON THE PROPERTIES OF CONCRETE.....	47
Гриценко Н.В., Козодой Д.С.	
ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
OPTIMIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION LOGISTICS	52
Губаревич О.В.	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗАСОБАМИ ДІАГНОСТИКИ	
INCREASING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC RAILWAY STOCK OPERATION BY DIAGNOSTIC MEANS.....	57
Гуйван В.С.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ НА НАПРЯМКАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ	
RESEARCH OF RAILWAY CAPACITY INCREASE.....	63
Дементєєв К.О., Горобченко О.М.	
ПРОЕКТУВАННЯ ПУНКТУ ЕКІПРУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ	
LOCOMOTIVE EQUIPMENT POINT DESIGN.....	67
Демидова Н. М., Сизон А. П., Дорошенко О. Ю.	
МОДИФІКАТОРИ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДОРІГ	
MODIFIERS OF CEMENT CONCRETE ROAD SURFACES.....	70
Дженчако В.Г., Маслак Г.В., Дженчако А.В.	
ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ДИНАМІКИ ВХІДНОГО ВАГОНОПОТОКУ	
EVALUATION OF THE OPERATIONAL INDICATORS OF THE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT AND TRUCK COMPLEX UNDER THE CONDITIONS OF THE DYNAMICS OF THE INCOMING VEHICLE FLOW.....	74
Дідківський Є.В., Співак О.М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ДВОСИСТЕМНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ	
RESEARCH AND ANALYSIS OF DUAL-SYSTEM ELECTRIC ROLLING STOCK OF RAILWAYS.....	79
Дорошенко О.Ю.	
МОДИФІКОВАНЕ БАЗАЛЬТОВЕ ВОЛОКНО В ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ	
MODIFIED BASALT FIBER IN TRANSPORT CONSTRUCTION.....	82

Дьомін Ю.В., Дьомін Р.Ю., Черняк Г.Ю.	
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ БЕЗПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА НАПРЯМОМ «СХІД-ЗАХІД» IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS FOR UNLOADED RAIL TRANSPORT IN THE EAST-WEST DIRECTION.....	88
Жабінець Ю.В., Ваганов О.І.	
ЕФЕКТИВНІ ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ВІДПОВІДНО ДСТУ ISO 9004:2018 EFFECTIVE INNOVATIVE SOLUTIONS OF RAILWAY DIGITALIZATION TO IMPROVE OPERATIONS IN ACCORDANCE WITH ISO 9004:2018	93
Жураківський Д.С., Ткаченко В.П.	
СУЧАСНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОВОЗІВ MODERN SYSTEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF ELECTRIC LOCOMOTIVES.....	95
Замана А.А.	
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ РУХУ СУДНА RESEARCH OF THE STRUCTURE OF THE SHIP MOTION MODEL...	99
Зуб Є.П., Сиваківський С.В., Сапронова С.Ю., Воробйов О.В.	
ВПЛИВ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ НА ЗНОС КОЛІС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ THE INFLUENCE OF NEW TECHNOLOGIES AND TECHNICAL SOLUTIONS ON THE RAILWAYS OF UKRAINE ON THE WEAR OF FREIGHT CAR WHEELS.....	101
Іванов Р.В., Філь Є. В., Курган М.Б.	
ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ TECHNOLOGICAL INNOVATIONS FOR TRAFFIC SAFETY AT RAILWAY CROSSINGS.....	106
Іванченко Д.А., Ганжеев Д.О., Коробич Д.В., Джус О.В.	
МЕТОДИКА ВИБОРУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ЯКИЙ ЗАЙНЯТИЙ В ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА METHODS OF SELECTING A VEHICLE USED IN DIESEL FUEL TRANSPORT TECHNOLOGY.....	111
Кара С.В., Ринковий Є.В., Прокопенко П.М.	
ВДОСКОНАЛЕННЯ НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЗІВ СЕРІЇ ЧМЕЗ IMPROVEMENT OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF HEAT TRUCKS OF THE ЧМЕЗ SERIES.....	115

Катунов І.В., Каращук В.О. ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ TRANSPORTATION OF LARGE CARGO REALITIES AND PROSPECTS.....	120
Клецька О.В., Каращук В.О., Самойлов В.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ В ЗАХІДНОМУ РЕГІОНІ RESEARCH OF PASSENGER TRANSPORTATION IN THE WESTERN REGION.....	123
Кобцева А.І., Михайлов Є.В. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ TECHNOLOGY IMPROVEMENT TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS IN CONTAINERS.....	127
Кузнєцов Д.Г., Ключев С.О. ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ INNOVATIVE DEVELOPMENT OF FREIGHT TRANSPORTATION BY RAIL.....	131
Левченко О.В., Боріна М.В. УПРАВЛІННЯ ПОШУКОМ НАДВОДНИХ ТА ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ГІБРИДНИМ РОБОТИЗОВАНИМ КОМПЛЕКСОМ CONTROLLING THE SEARCH FOR SURFACE AND UNDERWATER OBJECTS BY A HYBRID ROBOTIC COMPLEX.....	136
Любарець І.О., Давидов В.С. ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО КОНТЕЙНЕРНОГО СУДНА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЩОДО НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СУДНОМ APPLICATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF MOVEMENT OF A LARGE-SCALE CONTAINER SHIP USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO DETERMINE THE CRITERIA FOR SAFE NAVIGATION OF THE SHIP.....	139
Маленко М.О., Жаман О.О., Сорока О.О. ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА REVIEW OF ADVANCED METHODS AND DIAGNOSTIC MEANS FOR RAILWAY SUBGRADE.....	143
Маслова К.О., Каращук В.О. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ INCREASING SAFETY IN CARGO TRANSPORTATION.....	149

Носулько В.В.	
АНАЛІЗ НАЯВНОЇ МЕРЕЖІ ЄВРОКОЛІЙ НА УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ ANALYSIS OF THE EXISTING NETWORK EUROPEAN GAUGE TRACKS ON UKRAINIAN RAILWAYS AND PROSPECTS FOR THEIR DEVELOPMENT.....	152
Олійник О.А., Бойко В.Д.	
ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНО-ЖОРСТКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ В МЕЖАХ СИМЕТРИЧНОГО СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ DETERMINATION OF ELASTIC AND STIFFNESS PARAMETERS OF THE RAIL TRACK WITHIN A SYMMETRICAL TURNOUT.....	156
Пасічник А.М., Солод В.Ю.	
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ FEATURES OF THE FORMATION OF THE REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS CLUSTER.....	162
Петрейко Ю.М., Кириченко І.О.	
ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗВАЖУВАННЯ В РУСІ IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT WEIGHING SYSTEMS IN MOTION.....	166
Письменний О.М., Зеленюк Я.М., Співак О.М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ПЕРЕДАЧІ ПОТУЖНОСТІ ЗМІННО- ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТЕПЛОВОЗУ RESEARCH AND ANALYSIS OF POWER TRANSMISSION OF ALTERNATING AND DIRECT CURRENT LOGO.....	169
Попович Д.Ю., Ковальчук В.В.	
НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF THE RAILWAY INDUSTRY OF UKRAINE IN TODAY'S CONDITIONS.....	173
Романенко О.А., Кіріцева О.В.	
ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ PROBLEMS OF TRANSPORTATION OF CARGO IN INTERNATIONAL COMMUNICATION.....	177
Сапронова С.Ю., Оганісян Г.А., Леонов С.М.	
АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ ANALYSIS OF WAGON MAINTENANCE SYSTEMS.....	180
Сорока О.О.	
НОВА ТЕОРЕТИЧНА МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ НОРМАТИВНИХ СТРОКІВ СЛУЖБИ ХРЕСТОВИХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ A NEW THEORETICAL METHODOLOGY FOR PREDICTING THE NORMATIVE SERVICE LIFE OF TURNOUT CROSS PIECES.....	185

Сохацький А.В., Телуєва В.С.	
ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТИПУ MAGLEV PROSPECTS FOR THE CREATION OF HIGH-SPEED VEHICLES OF THE MAGLEV TYPE.....	192
Стрелко О.Г., Соловійова О.С., Бердниченко Ю.А., Городинець С.П., Підько С.В.	
АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УКРАЇНІ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЯ НАПРЯМКІВ ЇХ РОЗВИТКУ ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF CONTAINER TRANSPORTATION BY RAIL TRANSPORT IN UKRAINE AND FORMALIZATION OF THEIR DEVELOPMENT DIRECTIONS.....	197
Сулим А.О., Ільчишин В.В., Хозя П.О., Орлов О.В., Стринжа А.М.	
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ МІЦНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ІЗ ХРЕБТОВИМИ БАЛКАМИ ТИПОВОЇ ТА ЗВАРНОЇ КОНСТРУКЦІЙ COMPARATIVE ANALYSIS OF TRENGTH STUDIES RESULTS FOR FREIGHT CARS WITH CENTER SILLS OF TYPICAL AND WELDED STRUCTURAL DESIGN.....	202
Тазієв Е. Г., Михайлов Є.В.	
ПРОБЛЕМАТИКА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ PROBLEMS OF RAILWAY CARGO TRANSPORTATION UNDER THE CONDITIONS OF THE MARTIAL STATE.....	207
Тихонін В.І., Тихоніна І.І.	
ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАКЕТІВ З КУТОЧКІВ PECULIARITIES OF THE METHODIC OF FORMING TRANSPORT PACKAGES FROM ANGLE BAR.....	210
Троцький Р.О., Ткаченко В.П.	
СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ STATE AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT HIGH-SPEED TRAIN TRAFFIC IN UKRAINE.....	215
Фомін О.В., Баранов І.О., Мірошникова М.В., Безлуцький В.О.	
ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ЙОГО БАЗОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF RAILWAY ROLLING STOCK ON THE BASIS OF DETERMINING THE RESOURCE OF ITS MAIN STRUCTURES.....	219

Фомін О.В., Прокопенко П.М., Скок П.О.

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОСТАНОВКИ У СКЛАДІ ПОЇЗДА
ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ ТАРОЮ ШЛЯХОМ
ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ

DETERMINATION OF THE PLACE OF PLACEMENT WITHIN A
TRAIN OF FREIGHT WAGONS WITH REDUCED TARES BY
ASSESSING TRAFFIC SAFETY INDICATORS.....

224

Фомін О.В., Терещук М.П.

ВИПРОБУВАННЯ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛЬНОГО
САМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ З ГІДРАВЛІЧНОЮ
КРАНОВО-МАНІПУЛЯТОРНОЮ УСТАНОВКОЮ ЗА МЕЖАМИ
НОРМАТИВНОГО СТРОКУ СЛУЖБИ

TESTING OF THE BEARING STRUCTURES OF A SPECIAL SELF-
PROPELLED ROLLING STOCK WITH HYDRAULIC CRANE AND
MANIPULATOR DEVICE BEYOND THE LIMITS OF THE NORMAL
SERVICE PERIOD.....

227

Хмелевська Н.П., Курган М.Б.

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СУМІЩЕНОГО
РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ І ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ НА
ВИСОКОШВИДКІСНІЙ ЗАЛІЗНИЦІ

INNOVATIVE APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF
COMBINED TRAFFIC OF PASSENGER AND FREIGHT TRAINS ON
THE HIGH-SPEED RAILWAY.....

232

Шабров О.М., Прокопчук Б.В., Снівак О.М.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОВОЗІВ
ЗМІННОГО СТРУМУ

MODERNIZATION OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE OF AC
LOCOMOTIVES.....

237

Шульдінер Ю.В., Григор`єва О.О., Гудаков І.А., Петрученко О.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

IMPROVING FUNCTIONING OF RAIL PASSENGER
TRANSPORTATION.....

241

Oleschuk V.

TRANSPORT-ORIENTED POWER ELECTRONIC SYSTEMS BASED
ON INVERTERS REGULATED BY ALGORITHMS OF
SYNCHRONOUS PWM.....

243

Секція 2: УПРАВЛІННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Section 2: MANAGEMENT AND ADMINISTRATION IN THE TRANSPORT INDUSTRY.....

249

Гундер В.А., Молчанов В.М.

АНАЛІЗ СТАНУ РЕЙОК ЗАСОБАМИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ НА
ПРИКЛАДІ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

ANALYSIS OF RAIL CONDITION BY MEANS OF FLAW
DETECTION ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHWESTERN
RAILROAD.....

249

Каліна І.І., Шуляр Н.М.

ЦИКЛІЧНА МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРСОНАЛУ В РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА CYCLIC MODEL OF PERSONNEL QUALITY ASSURANCE IN THE IMPLEMENTATION OF THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISE STRATEGY.....	254

Куренін В.М.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN THE TRANSPORT INDUSTRY.....	259

Куришина Ю.М., Вільшанюк М.С.

ВАЖЛИВІСТЬ РОБОТИ АГЕНТА У ЛІНІЙНОМУ СУДНОПЛАВСТВІ THE IMPORTANCE OF THE AGENT'S WORK IN LINER SHIPPING...	263

Милостяк А.В., Мироненко В.К.

ПЕРСПЕКТИВИ КОНТЕЙНЕРНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АГРОПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ PROSPECTS OF CONTAINER RAIL TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF WAR.....	266

Новицький Б.О., Красноштан О.М.

СПОСОБИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАЯТНИКОВИХ МІГРАЦІЙ ГРОМАДЯН METHODS OF CREATING EFFECTIVE TRANSPORT PROVIDENCE FOR CITIZENS' PERSONAL MIGRATION.....	270

Семко Ж.О.

АНАЛІТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВИМОГ ГАРМОНІЗОВАНИХ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ МАШИНІСТА ANALYTICAL COMPARISON OF HARMONIZED EUROPEAN STANDARDS REQUIREMENTS TO VIBRATION ASSESSMENT AT THE DRIVER'S WORKPLACE	273

Хилько І.І., Політікіна І.В.

РОЛЬ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ THE ROLE OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS OF EFFECTIVE ENTERPRISE MANAGEMENT IN THE TRANSPORT INDUSTRY.....	279

Чабанов О.С., Михайлов Є.В.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ WORK EFFICIENCY ASSESSMENT CRITERIA OF AUTOMOBILE TRANSPORT SYSTEM.....	282

Секція 3: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ	
Section 3: ELECTRICAL ENGINEERING.....	287
<i>Березінський С.В., Любарський Б.Г.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА ПРИМІСЬКОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ STUDY OF ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINE OF SUBURBAN DC ELECTRIC TRAIN.....	287
<i>Бобир В.І., Гулак С.О.</i>	
АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ПІДВИЩЕНИЙ ДІАПАЗОН РЕГУЛЮВАННЯ METHOD OF DIAGNOSING ECCENTRICITY AND ROTOR ROD DEFECTS IN INDUCTION TRACTION ENGINES.....	289
<i>Брязкало М. С., Любарський Б.Г.</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ МОТОРВАГОННОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ STUDY OF OPERATION MODES OF ASYNCHRONOUS TRACTION DRIVE OF ELECTRIC ROLLING STOCK.....	292
<i>Воздраганов М.Р., Смолянінов В.Г.</i>	
ДИСКРЕТНИЙ КОМАНДОАПАРАТ ДЛЯ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ DISCRETE COMMAND APPARATUS FOR CONTROLLING A STEPPER MOTOR..	294
<i>Гайдашук А.І., Гулак С.О.</i>	
МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЕКСЦЕНТРИСІТЕТУ І ДЕФЕКТІВ СТРИЖНЯ РОТОРА В АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНАХ METHOD OF DIAGNOSING ECCENTRICITY AND ROTOR ROD DEFECTS IN INDUCTION TRACTION ENGINES.....	297
<i>Горда В.В., Семенов А.О.</i>	
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ПІДГРІВУ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РЕГІОНУ УКРАЇНИ METHODS FOR CALCULATING THE EFFICIENCY OF SOLAR COLLECTORS FOR WATER HEATING BASED ON THE REGION OF UKRAINE.....	301
<i>Дзюбенко М.М., Марченко Р.М., Шавьолкін О.О.</i>	
ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЮ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ БАТАРЕЇ НА СПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБ'ЄКТУ ASSESSMENT OF THE DEGREE OF USE OF PHOTOVOLTAIC BATTERY ENERGY FOR CONSUMPTION DURING THE CALCULATION OF THE OBJECT POWER SUPPLY SYSTEM.....	305

Заліський Н. Л., Любарський Б.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ	
RESEARCH OF A SYNCHRONOUS TRACTION MOTOR FOR A HIGH-SPEED ELECTRIC TRAIN.....	307
Мошківський Є. М., Любарський Б.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ	
STUDY OF RATIONAL MODES OF OPERATION OF THE SYNCHRONOUS TRACTION DRIVE OF A HIGH-SPEED ELECTRIC TRAIN.....	309
Посилін В.К., Кириченко О.С.	
МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ТРИСМУГОВИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ШИН РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	
MODELLING OF STATIONARY THERMAL FIELD OF THREE-LANE CONDUCTIVE BUSBARS OF SWITCHGEARS.....	312
Рибчич І. М., Любарський Б.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАМВАЮ З АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ПРИВОДОМ	
RESEARCH OF COOLING SYSTEM OF A TRAM WITH AN ASYNCHRONOUS TRACTION DRIVE.....	315
Рязанцева О.І., Любарський Б.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ НАХИЛУ КУЗОВА ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ	
STUDY OF LINEAR ELECTROMECHANICAL DRIVE OF BODY TILT OF ELECTRIC TRAIN.....	318
Савельєв Є.К., Любарський Б.Г.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА ПРИМІСЬКОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ	
STUDY OF THE ELECTRO-MECHANICAL SHOCK ABSORBER OF THE SUBURBAN ELECTRIC TRAIN.....	321
Севрук С.Г., Малюк С.В.	
УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ АСИНХРОНИХ ДВИГУНІВ	
GENERALIZATION OF TESTING METHODS FOR SYNCHRONOUS MOTORS.....	323

СЕКЦІЯ 1: ІННОВАЦІЇ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ

SECTION 1: INNOVATIONS IN THE TRANSPORT INDUSTRY AND TECHNOLOGIES

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ЛОКОМОТИВНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Антонюк Д.О. – магістр, antonukdenis587@gmail.com
Самсонкін В.М. – д.т.н., проф., samsonkin_vm@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF THE CURRENT STATE OF THE LOCOMOTIVE DEPARTMENT OF UKRAINE

Antoniuk D.O. – master's degree student, antonukdenis587@gmail.com
Samsonkin V.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor,
samsonkin_vm@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Locomotive department is the most important component of railway transport because, continuing the production process in the sphere of goods circulation, it significantly affects the efficiency of social production as a whole. The importance of the significance of locomotive department in the context of effective organization of the transport process is reinforced by the fact that, in accordance with the determined Plan of measures for the reform of railway transport and the Strategy of the Joint Stock Company «Ukrzaliznytsia» for 2019-2023, the optimization of the operation of the locomotive department is a necessary condition for the comprehensive development of railway transport. Based on this, this work is dedicated to the study of the current state of the locomotive industry in Ukraine, which is an urgent task.*
Keywords: *railway transport, locomotive department, locomotive.*

Актуальність теми. Локомотивне господарство займає головне місце в системі залізничних перевезень, злагоджена робота якого формує такі якісні параметри транспортної послуги, як ритмічність, надійність, безпечність, своєчасність. Це обумовлено тим, що на локомотивне господарство припадає більш ніж 36 % експлуатаційних витрат галузі та майже одна п'ята частина

контингенту працівників залізничного транспорту. Також, важливість значення локомотивного господарства в контексті ефективної організації перевізного процесу посилює те, що, відповідно до визначеного Плану заходів з реформування залізничного транспорту та Стратегії АТ «Укрзалізниця» на 2019 – 2023 роки, оптимізація роботи локомотивного господарства є необхідною умовою комплексного розвитку залізничного транспорту. Зважаючи на що, **метою роботи** стало дослідження сучасного стану локомотивного господарства України, що сформує фундамент для проведення подальших досліджень щодо оптимізації його роботи.

Виклад основного матеріалу. Локомотивне господарство – це складна організаційно-технічна система, завданням якої є виконання заданого обсягу перевезень із дотриманням вимог безпеки та економічної ефективності. До функцій локомотивного господарства належать експлуатаційна робота, ремонт рухомого складу, дотриманням безпеки руху, планування технічного й організаційного забезпечень.

Система управління локомотивним господарством наведена на рис. 1.

Департамент локомотивного господарства (далі – Департамент) входить до складу бізнес-блоку АТ «Українська залізниця». Він контролює та координує діяльність регіональних філій та філій компанії з питань забезпечення експлуатаційної роботи, ремонту та технічного обслуговування тягового рухомого складу, його оновлення та модернізації.

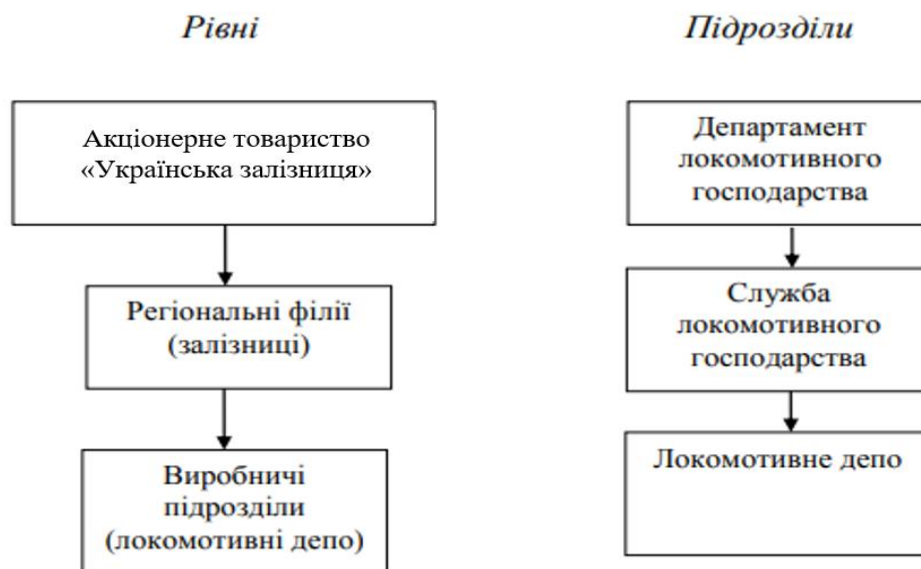


Рисунок 1 – Система управління локомотивним господарством

Служба локомотивного господарства розробляє та впроваджує в межах дороги заходи щодо високоефективного використання локомотивів, організації праці та відпочинку локомотивних бригад, планує всі види поточного ремонту.

Локомотивне депо як виробничо-технологічний підрозділ локомотивного господарства виконує роботи, які є основною діяльністю залізничного транспорту – робота локомотивів у пасажирському, вантажному та господарському рухах, маневрова робота локомотивів, їх технічне обслуговування та екіпірування, ремонт локомотивів та інших основних засобів для своєї залізниці й інші роботи, що мають відношення до перевезення. Слід відмітити, що локомотивні депо є основними виробничими підрозділами залізниці, що входять до складу локомотивного господарства.

Для забезпечення перевізного процесу ключове значення має технічний стан і оснащеність локомотивного господарства, що є провідним господарством залізничного транспорту. Локомотивне господарство забезпечує перевезення вантажів і пасажирів тяговим рухомим складом та здійснює утримання його в належному стані, який гарантує повну безпеку, точне виконання розкладу та графіку руху поїздів.

Локомотивне господарство тісно пов'язане з усіма іншими підрозділами залізниць, від злагодженої роботи яких залежить ефективність роботи залізничного транспорту в цілому. До підприємств локомотивного господарства належать: експлуатаційні і ремонтні депо, пункти технічного обслуговування (ПТО) і екіпірування локомотивів, пункти зміни локомотивних бригад, дорожні ремонтні майстерні, спеціалізовані з ремонту різних агрегатів, бази запасу локомотивів. Для експлуатації і ремонту тягового рухомого складу локомотивне господарство має основні локомотивні депо, кількістю 68, й оборотні депо – 41 [3]. Складовими основних виробничих фондів є технічні засоби і споруди локомотивного господарства, а саме: локомотиви; електро- і дизель-поїзди; пристрої для екіпірування локомотивів; склади палива, мастила і піску; будівлі депо і пунктів технічного обслуговування локомотивів; верстати й устаткування, комунікації та інструмент; відбудовні поїзди. Всі локомотиви, приписані до дороги (депо) і які числяться на її балансі, утворюють так званий інвентарний парк, який поділяється на експлуатований та неексплуатований. До складу експлуатованого парку входять локомотиви, що перебувають у роботі, в процесі екіпірування та технічного обслуговування протягом встановленої норми часу приймання та здачі локомотива, а також в очікуванні роботи. До неексплуатованого парку відносяться локомотиви, що знаходяться в ремонті та резерві управління дороги, в процесі пересилання в холодному стані та ін.

Станом на вересень 2021 року в інвентарному парку компанії – 3 566 локомотивів, з них 550 – пасажирські, 1 758 – вантажні, 1 258 – маневрові. При цьому в експлуатації знаходиться лише 287 пасажирських локомотивів та 945 – вантажних. Відповідно до даних [2] зношеність локомотивів, а саме 958 електровозів та 227 тепловозів, складає 96 %. На рис. 2 наведена структура

інвентарного парку локомотивів АТ «УЗ» станом на 2021 р. На рис. 3 наведена характеристика парку магістральних вантажних локомотивів АТ «УЗ».

Проведений аналіз сучасного стану локомотивів свідчить про катастрофічну зношеність, що формує загрозу незабезпечення потреб промислових галузей економіки у перевезеннях вантажів, з відповідними витратами для держбюджету, зниженням показників економічного розвитку країни і т.д. [1].

Для того щоб оцінити обсяг роботи та якість використання локомотивів, експлуатаційну роботу локомотивного господарства та його лінійних підприємств, а також передбачити необхідні витрати на перевезення, застосовується система кількісних та якісних показників.



Рисунок 2 – Структура інвентарного парку локомотивів АТ «УЗ»

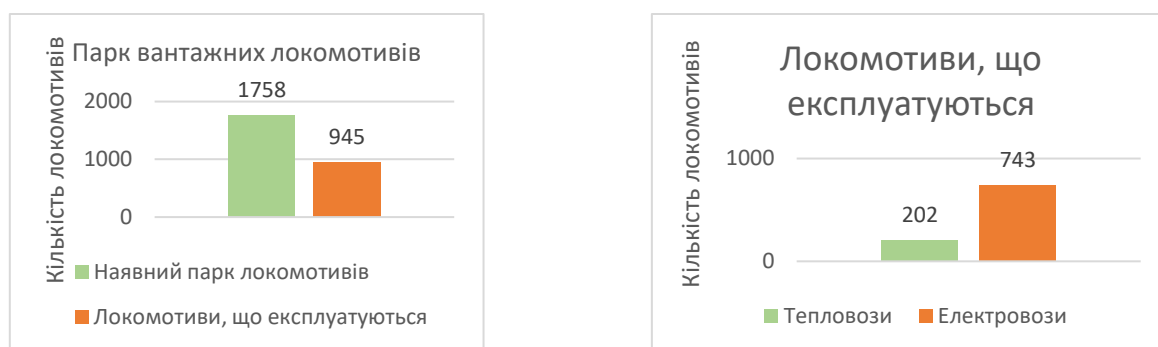


Рисунок 3 – Характеристика парку магістральних вантажних локомотивів АТ «УЗ» [2]

До кількісних показників роботи локомотивів належать: пробіг у локомотиво-кілометрах; час роботи у локомотиво-годинах; обсяг перевезень у тонно-кілометрах бруто. Кількісні показники є підставою розрахунку парку

локомотивів, програми ремонту, чисельності працівників, потреби у паливі чи електроенергії. Якісні показники характеризують рівень використання локомотивів. До них відносяться розрахункова, середня, уніфікована та критична маса поїзда; технічна, дільнична, ходова та маршрутна швидкість; середньодобовий пробіг, повний та експлуатаційний оборот, коефіцієнт потреби локомотивів.

Покращення якісних показників роботи локомотивів призводить до зниження собівартості перевезень, підвищення продуктивності праці, скорочення потреби у рухомому складі, зменшення чисельності працівників.

Таким чином, аналіз показників роботи є складовою частиною процесу управління локомотивним господарством, який виконують на основі десятків різноманітних понять і показників. Для оцінки ефективності роботи локомотивного господарства використовують таку систему кількісних та якісних показників. Сучасна система показників роботи локомотивного господарства наведена в [4]. Динаміка найважливіших показників роботи локомотивного парку в вантажному русі показана в таблиці.

Таблиця – Темпи зростання показників роботи локомотивів у вантажному русі на АТ «УЗ» (2011 р. до 2021 р.), % [5]

Показник	Електровози	Тепловози	Локомотиви
Середньодобова продуктивність локомотива експлуатованого парку	139,0	114,8	140,1
Середньодобовий пробіг локомотива експлуатованого парку	118,7	101,5	118,7
Середня дільнична швидкість руху поїздів	101,8	106,7	105,6
Середня технічна швидкість руху поїздів	100,2	105,9	102,9
Середня вага поїзда брутто, тонн	125,6	121,7	127,2
Середня вага поїзда нетто	131,4	121,1	131,9
Середній склад поїзда	116,4	117,8	118,9
Тонно-кілометри брутто у вантажному русі	129,5	59,8	110,8

Як видно з даних таблиці за 10 років (з 2011 – 2021 рр.) основні показники роботи локомотивного господарства мають позитивну динаміку розвитку, окрім тонно-км брутто у вантажному русі тепловозів. Як видно з таблиці 1 даний показник складає 59,8 % у 2021 р. в порівнянні з 2011 р.

Загальні висновки. Таким чином, не зважаючи на досить задовільні показники роботи локомотивів у вантажному русі, згідно з [1] на сьогодні технічний ресурс залізниць практично вичерпано, що становить загрозу незабезпечення залізничним транспортом у подальшому потреб економіки України у перевезеннях.

Проведене дослідження показало, що в даний час основними проблемами локомотивного господарства є фізичне та моральне старіння локомотивного парку, і також відсутність необхідних виробничих потужностей вітчизняних заводів для випуску нових локомотивів. В той же час, необхідною умовою ефективного функціонування залізничного транспорту в цілому є високий рівень техніко-експлуатаційної ефективності господарств залізниці, що формує необхідність проведення подальших досліджень шляхів оптимізації роботи локомотивного господарства, оскільки ефективна та злагоджена робота всіх ланок залізничного транспорту України сприяє підвищенню якості, надійності, ритмічності та економічній ефективності залізничних перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. Інформація про Українські залізниці. URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html> (дата звернення 19.09.2023) Назва з екрана.
2. Стрелко О. Г., Бердниченко Ю. А., Соловійова О. С., Кравченко О. В., Дорошенко М. М. Підвищення ефективності залізничних перевезень за рахунок модернізації об'єктів залізничного транспорту загального користування. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. 2021. Том 32 (71) № 5. С. 279-285.
3. Дикань В. Л., Шраменко О. В., Устенко М. О. Загальні основи економічної діяльності в локомотивному господарстві : конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2019. Ч. 1. 32 с.
4. Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Гришечкіна Т. С., Боднар Є. Б. Оцінка роботи локомотивного парку з використанням методів зменшення розмірності. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2019. № 6 (78). URL: <http://stp.diit.edu.ua/article/view/195762/200517> (дата звернення 29.09.2023) Назва з екрана.
5. Медвідь В. В. Дослідження методів підвищення ефективності управління локомотивним парком із застосуванням засобів діджиталізації : кваліфікаційна робота. Київ : ДУІТ, 2020. 88 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПУСКУ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Антонюк І.П. – здобувач вищої освіти гр. 2ЛЛГ-маг, antonjuk_ip@gsuite.duit.edu.ua

Ткаченко В.П. – д-р техн. наук, професор, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

MODERNIZATION OF THE DIESEL LOGO STARTING SYSTEM TO IMPROVE ITS ENERGY CHARACTERISTICS

Antonyuk I. – student gr. 2LLG-mag, antonjuk_ip@gsuite.duit.edu.ua

Tkachenko V. – Dr. Tech. Sciences, Professor, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *Saving diesel fuel during the operation of the diesel locomotive fleet of Ukrzaliznytsia is a very important technical and economic problem. Reducing fuel consumption while maintaining locomotive power is a priority task that requires a constant search for new technical solutions. One of the reserves for saving diesel fuel is reducing the operating time of diesel engines in non-economic modes, often in idle mode, which are characterized by increased specific diesel fuel consumption.*

The paper considers the possibility of stopping the diesel engine of one section of a two-section diesel locomotive during long stops, followed by starting the stopped diesel engine from the diesel generator set of the running diesel engine of the second section. A scheme for transferring one of the sections of the diesel locomotive to idle mode with additional loading of the second section to the nominal operating mode is also considered.

Keywords: *diesel locomotive, fuel consumption, idling, diesel starting.*

Актуальність дослідження. Економія дизельного палива при експлуатації тепловозного парку Укрзалізниці є дуже важливою техніко-економічною проблемою. Зменшення витрат на дизельне паливо із одночасним збереженням потужності локомотива – це першочергове завдання, яке потребує постійного пошуку нових технічних рішень. Одним із резервів економії дизельного палива є зменшення часу роботи дизелів тепловозів на неекономічних режимах, які характеризуються збільшеними питомими витратами дизельного палива.

До таких режимів відноситься робота дизеля на потужності менше за 20% його повної потужності, та в та у режимі холостого ходу.

Часто двосекційний локомотив вимушений працювати з невеликими, набагато меншими за розрахункові, вагами поїздів. Це може відбуватися, як на окремих ділянках маршруту, наприклад, коли маршрут має керуючий підйом (складну ділянку), так і на всьому маршруті. При цьому обидва дизеля тепловоза

працюють в однакових часткових режимах, при яких питома витрата палива є значно вищою, ніж на номінальних. В роботі розглянуто схему переводу однієї із секцій тепловоза у режим холостого ходу із довантаженням другої секції до номінальних режимів роботи.

Також має певні перспективи схема, за якою під час довготривалих зупинок тепловоза дизель однієї з секцій зупиняється і запускається при початку руху від дизель-генераторної установки працюючого дизелю другої секції.

Впровадження цих заходів могло б принести певну економію палива в експлуатації двосекційних та трисекційних тепловозів.

Метою роботи є пошук заходів щодо зменшення питомих витрат палива, зокрема на багатосекційних тепловозах в експлуатації.

Модернізація системи пуску дизеля тепловоза з метою покращення його паливно-енергетичних характеристик.

Коефіцієнт корисної дії тепловозного дизеля суттєво залежить від режиму його роботи. Через зменшення ваги поїздів дизелі тепловозів суттєву частину часу роботи працюють на режимах середніх та малих навантажень, а також в режимі холостого ходу. Це суттєво впливає на паливну економічність тепловозної тяги тому, що ККД дизеля на цих режимах нижчий проти номінальних режимів. Так, стала типовою експлуатація двосекційних тепловозів, коли для ведення поїзду досить потужності однієї дизель-генераторної установки. Попередні розрахунки показали, що в ватажному русі це може знизити витрати дизельного палива на 2-2,5 %, однак виникає, питання вводу секції із холостого ходу в режим тяги.

При штатній електричній схемі тепловоза необхідно спочатку обидві секції перевести на холостий хід і тільки після цього переводити в режим тяги, що обмежує застосування такого методу водіння поїздів. Наприклад, при швидкості руху більше 10 км/год введення дизель-генераторної установки тепловоза 2ТЭ116 в режим тяги шляхом різкого переводу контролера машиніста із 1-го в 15-е положення чи одночасно вмикання тягових електромагнітів регулятора частоти обертів МР типу 4-7РС-2 ніяких негативних впливів на дизель або тепловоз не призводить.

Зміна частоти обертів колінчатого валу дизелю із 300 до 1000 об/хв при різкому переводі контролера машиніста в 15-е положення виконується за 30 – 36 с. Це відповідає вимогам Правил технічного обслуговування тепловозів серії 2ТЭ116 [1], яка обмежує мінімальний час виходу дизелю на номінальну частоту обертів колінчатого валу за 30 с. Механізми захисту дизелю від падіння тиску масла та коливань тиску наддуву обмежують навантаження, якщо параметри роботи дизелю не відповідають параметрам системи захисту. При їх

нормальному функціонуванню дизель-генератор виходить на номінальний режим роботи за 40-60 с.

Для того, щоб запустити зупинений в русі прямуювання дизель однієї із секцій тепловозу, необхідно перевести працюючу секцію в режим холостого ходу на час, необхідний для проведення передпускових та пускових операцій. В цьому випадку є небезпека аварійної зупинки поїзда.

Для відтворення потужності після аварійного збросу без зниження потужності секції, яка знаходиться у режимі тяги, дизель-генераторну установку із збільшеною частотою обертів холостого ходу необхідно перевести в режим холостого ходу із мінімальною частотою обертів, відповідно до нульового положення контролера машиніста. Через 30 с, коли частота обертів колінчастого валу дизелю знизиться до мінімальних значень, виконують її оперативне введення в режим тяги відповідно до схеми переводу на холостий хід.

На рис. 1 зображено електричну схему керування режимами тяги та холостого ходу дизель-генераторної установки тепловоза 2ТЭ116. На відміну від серійної схеми, що позначається як 2ТЭ116.70.01.005ЕЗ [5], схема представлена на рис. 1, дозволяє за допомогою реле керування холостим ходом на всіх позиціях контролера машиніста, розірвати ланцюги живлення електромагнітів МР1–М1М, котушок реле РВЗ і РУ8, що забезпечує роботу дизель-генераторної установки на холостому ходу при будь-якому положенні контролера машиніста. З появою необхідності введення дизель-генераторної установки у режим тяги, при будь-якому положенні контролера машиніста, необхідно за допомогою кнопки тягового режиму (КТР) подати живлення на котушку реле тягового режиму (РТР).

Включившись, це реле забезпечить автоматичне введення дизель-генераторної установки, що працювала на холостому ходу, на такий режим роботи, який відповідає режиму роботи дизель-генераторної установки, що працювала під навантаженням.

Схема керування режимами тяги і холостого ходу одержує живлення від клеми 4/17 на усіх позиціях контролера машиніста. При перекладі контролера з 0-го положення в 1-е і наступні положення живлення з 1-го і 3-го пальців контролера надходить на клему 4/17, по додаткових лініях (маркірування додаткових проводів починається з 0): 010, 021 підводиться до нормально-розімкнутих контактів кнопок керування холостим ходом КХ1 і КХ2, а по проводу 023 до нормально-розімкнутого контакту кнопки керування тяговим режимом КТР. По проводу 001, роз'єм 1а, провід 002 напруга живлення проводиться до замикаючого контакту реле тягового режиму РТР, а по проводу 005 до розмикаючого контакту реле РТР.

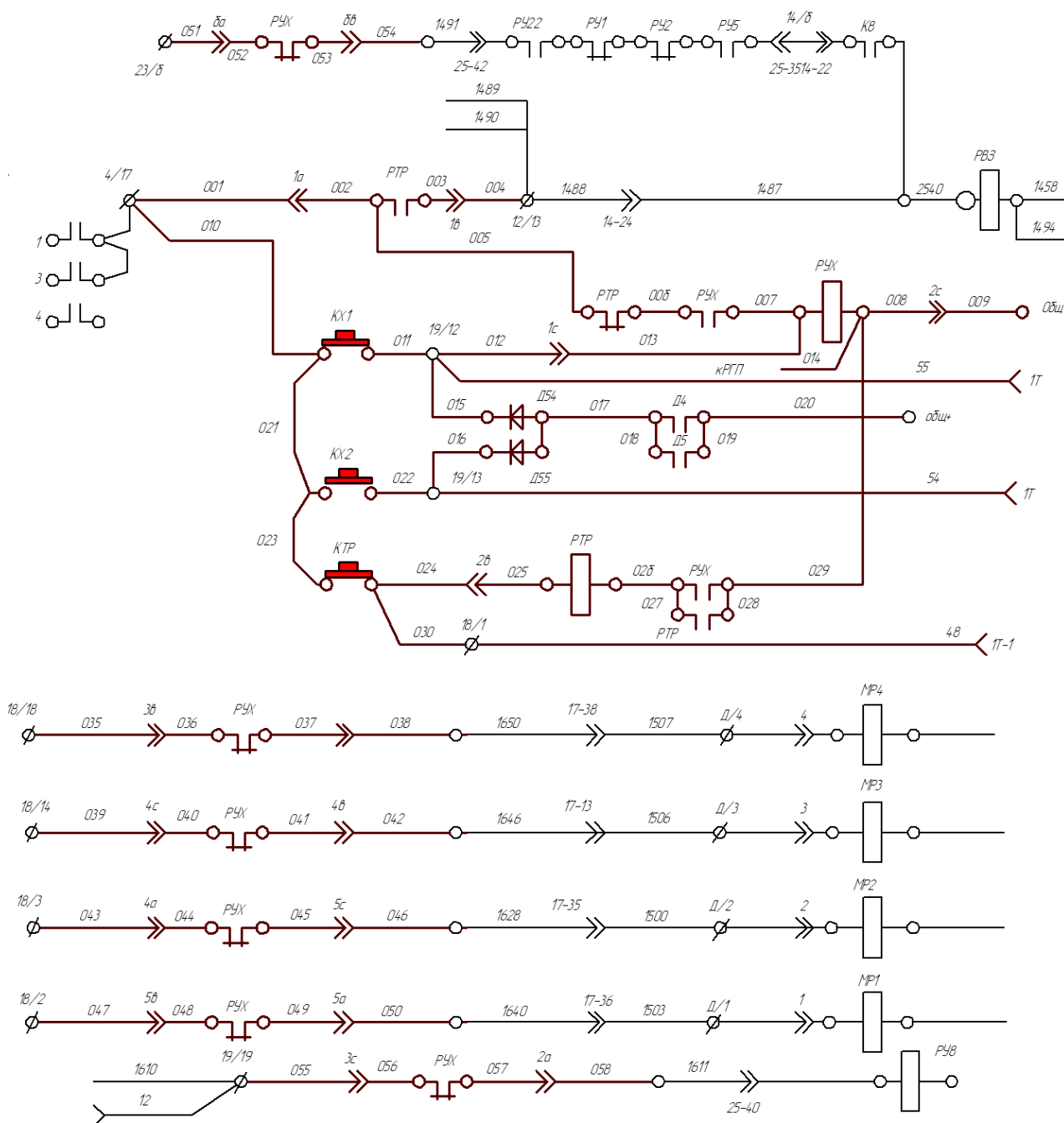


Рисунок 1 – Модернізована схема керування режимами тяги та холостого ходу дизель-генераторної установки тепловозу 2ТЭ116

З клеми 4/17 ведучої секції по проводу 11, між-тепловозному з'єднанню 1Т-8 напруга живлення надходить до перерахованих вище ланцюгів відомої секції тепловоза.

При короткочасному натисканні з ведучої секції однієї з кнопок керування холостим ходом (наприклад, КХ1) напруга живлення з клеми 4/17, провід 010, замкнутий контакт кнопки КХ1, провід 011, клеми 19/22, провід 012, роз'єм Із, провід 013 подається до котушки реле керування холостим ходом РУХ і далі по

проводу 008, роз'єм 2з, провід 009 – на загальний «мінус» електричних ланцюгів тепловоза.

Включившись, реле керування холостим ходом РУХ замикає свій контакт між проводами 006 і 007 і створює дублюючий ланцюг живлення котушки РУХ. Після відпуску кнопки КХ1 реле керування холостим ходом стає на саможивлення по наступному ланцюгу: клема 4/17 – провід 001 – роз'єм 1а – проводи 002, 005 – замкнутий контакт РТР – провід 006 – замкнутий контакт РУХ – провід 007 – котушка реле РУХ – провід 008 – роз'єм 2з – провід 009 – загальний "мінус".

Включення реле керування холостим ходом РУХ призводить до розмикання його контактів у ланцюгах живлення електромагнітів регулятора частоти обертів та потужності, у ланцюзі живлення котушки РВЗ між проводами 052 та 053, у ланцюзі живлення котушки реле РУ8 між клемою 19/19 і проводом 1611.

При знеструмленні електромагнітів МР1...МР4 частота обертання колінчатого валу дизеля знижується до мінімальної, а розрив ланцюга живлення котушки РВЗ приводить до зняття навантаження з дизель-генератора. Зняття навантаження відбувається аналогічно спрацюванню захисту по перегріву теплоносіїв через зниженню тиску повітря в гальмівній магістралі. Відключення реле керування РУ8 при переводі дизель-генератора в режим холостого ходу необхідне для включення вентиля відключення ряду паливних насосів ВТН.

Для переводу другої секції тепловоза у режим холостого ходу необхідно короткочасно натиснути кнопку КХ2. При цьому живлення з ведучої секції по проводу 54 через між-тепловозне з'єднання, по проводу 55 ведомої секції, клему 19/12 і далі по описаному вище ланцюгу подається на котушку реле РУХ.

Для введення дизель-генератора з режиму холостого ходу в режим тяги необхідно натиснути кнопку керування тяговим режимом КТР. Напруга живлення з клема 4/17, по проводам 010, 021, 023, замкнутий контакт кнопки КТР, провід 024, роз'єм 2у, провід 025, котушку реле керування тяговим режимом РТР, проводу 026, 027 підводиться до нормально-розімкнутих контактів реле РУХ і РТР.

Одночасно напруга живлення ведучої секції після замкнутого контакту кнопки КТР, провід 030, клему 18/1, провід 48, між-тепловозне з'єднання 1Т-1 надходить на клему 18/1 ведомої секції і далі по проводах 030, 024, роз'єм 2у, провід 025, котушку РТР, проводи 026, 027 - до замикаючих контактів РУХ і РТР.

Якщо режими холостого ходу на обох секціях відсутні (реле холостого ходу РУХ знеструмлені), то при натисканні кнопки КТР живлення котушки РТР відсутнє через розрив ланцюга між проводами 026 і 029.

Висновок. Описана модернізація електричної схеми тепловоза 2ТЕ116 дозволяє переводити один з дизель-генераторів двосекційного тепловоза в

режим холостого ходу і в зворотному напрямку в русі поїзда без скидання навантаження дизель-генератора, що працює в режимі тяги. Це дає змогу реалізації експлуатації двосекційних тепловозів в режимі однієї секції з оперативним переключенням з двох секцій на одну і навпаки. В свою чергу це може забезпечити зниження питомих витрат дизельного палива на 2,5–3 %.

Л і т е р а т у р а

1. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116. *Міністерство інфраструктури України*. 2013.
2. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів. *Державна адміністрація залізничного транспорту України*. 2003. <http://surl.li/nhзах>.
3. ДСТУ 3891-99. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять. *Держспоживстандарт України*, 2010. 8.
4. Калабухін, Ю. Є. (2014). Оновлення та модернізація рухомого складу як основні напрямки розвитку локомотивного господарства українських залізниць.
5. Електрична схема тепловоза 2ТЕ116. <http://surl.li/niafa>.

ІНТЕГРАЦІЯ ВАГОНІВ ВАРШАВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ У СИСТЕМУ МЕТРОПОЛІТЕНУ МІСТА КИЄВА

Бійчук І.О. – аспірант, biichuk_io@gsuite.duit.edu.ua
Булгакова Ю.В. – к.т.н., доцент, bulgakova_yv@gsuite.duit.edu.ua
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

INTEGRATION OF CARS OF THE WARSAW METROPOLITAN IN THE METROPOLITAN SYSTEM OF THE CITY OF KYIV

Biichuk I.O. – postgraduate student, biichuk_io@gsuite.duit.edu.ua
Bulgakova J.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
bulgakova_yv@gsuite.duit.edu.ua
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The future extension of the Syretsko-Pecherska line towards the Vynogradar housing estate calls for the need to attract additional rolling stock to the line to ensure the movement of trains at intervals that will allow transporting subway passengers with the appropriate level of service. The article considers the possibility of using wagons transferred by the Warsaw Metro for use on the metro line to solve this problem.*

Keywords: *train car, subway line, signaling systems, speed regulation.*

Майбутнє продовження Сирецько-Печерської лінії у бік житлового масиву Виноградар викликає необхідність залучення додаткового рухомого складу на лінію для забезпечення руху поїздів з інтервалами, що дозволять перевезти пасажирів метрополітену з належним рівнем сервісу. У статті розглядається можливість використання вагонів переданих Варшавським метрополітеном для використання на лінії метрополітену задля вирішення цієї задачі.

Ключові слова: вагон, лінія метрополітену, системи сигналізації, регулювання швидкості

Постановка задачі. У 2024 році планується відкриття двох станцій Київського метрополітену з проєктними назвами «Мостицька» та «Варшавська» у бік житлового масиву Виноградар як продовження діючої Сирецько-Печерської лінії. З відкриттям нових станцій постає необхідність залучення нового рухомого складу для роботи на лінії з метою забезпечення інтервалів між поїздами, що дозволять утримувати високий рівень обслуговування пасажирів комунального підприємства «Київський метрополітен».

Виклад основного матеріалу. Будівництво метро на житловий масив «Виноградар» до плану розвитку міста Києва було включено ще у 80 роках 20 століття при проєктуванні нової Сирецько-Печерської лінії метрополітену. Вже у 21 столітті виокремилися два основних варіанти будівництва від станції «Сирець» – з будівництвом тунелів через глибоку балку в районі Сирецького дендропарку з наступною після «Сирця» станцією поблизу перехрестя вул. Північно-Сирецької та Білицької, далі під вулицею Стеценка зі станцією поблизу площі Валерія Марченка. У першому варіанті мали розмістити друге електродепо лінії в районі Мостицького масиву, а далі вивести лінію під проспектом Правди до Синього озера. Пізніше було запропоновано змістити лінію південніше, під перспективною новою вулицею, паралельно проспекту Правди, з електродепо поблизу Синього озера. Інший варіант передбачав після вулиці Стеценка лінія мала піти під вулицею Івана Виговського на невеликій глибині. В обох випадках, окрім забезпечення швидкісним транспортом житлового масиву Виноградар, йшлося і про новий житловий масив замість садів радгоспу «Пуща-Водиця» вздовж вулиці Івана Виговського. На сьогодні затверджений проєкт першої черги передбачає будівництво двох станцій «Мостицька» (на перетині вулиць Північно-Сирецької та Межової) і «Варшавська» (на перетині вулиці Межової та проспекту Правди).

13 жовтня 2017 року між Київським метрополітеном та «Київметропроект» був укладений договір на розробку ТЕО (техніко-економічного обґрунтування) і проєктування метро у напрямку житлового масиву Виноградар. Наприкінці 2018 року ПАТ «Київметробуд» виграв тендер

на будівництво ділянки Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції «Сирець» на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі (ділянка від станції «Сирець» до станції «Проспект Правди» з двома станціями («Мостицька» та «Проспект Правди») та ділянкою вилючного відгалуження в бік станції «Виноградар». І на початку 2019 року розпочалося будівництво зазначеної ділянки, за планами у кінці 2021 року дві станції ділянки повинні були відкрити двері для пасажирів. Пандемія коронавірусної хвороби 2019 спричинена SARS-CoV-2, а потім і повномасштабне вторгнення Російської Федерації кілька разів змушували відкладати плани щодо проведення та закінчення робіт. На сьогодні міський голова Києва пообіцяв, що 2 станції ділянки будуть відкриті до кінця 2024 року.

Відкриття нових станцій метрополітену на Сирецько-Печерській лінії потребує додаткового рухомого складу для забезпечення перевезень пасажирів на цій лінії.

У Київському метрополітені з 821 вагону, що є в експлуатації, 656 вагонів вироблені на Митищинському машинобудівному заводі Російської Федерації у тому числі і вагони серії 81-714 та 81-717. Рухомий склад як і будь-яка техніка потребує періодичних ремонтів. Тому періодично вагони проходять заводський ремонт, в рамках якого здійснюють профілактику та ревізію обладнання системи керування, гальмівної системи, ремонти двигунів та інші необхідні роботи, що забезпечують безперебійну роботу рухомого складу та необхідний рівень безпеки руху. З початком повномасштабного вторгнення Російської Федерації закупівля обладнання для заміни на заводі-виробнику з очевидних причин є неможливою. Задля вирішення проблеми з деталями до вагонів серії 81-714 та 81-717 у 2022 році між Києвом та Варшавою було підписано лист щодо безоплатної передачі 60 вагонів серії 81-717, що були виведені з експлуатації Варшавським метрополітеном. Зазначені вагони було заплановано використовувати як технічні донори для капітальних ремонтів діючого рухомого складу метрополітену.

Задля забезпечення Сирецько-Печерської лінії достатньо кількістю рухомого складу після відкриття ділянки метрополітену у бік житлового масиву Виноградар пропонується розглянути можливість сформувати один чи кілька складів поїздів з вагонів, що передані Варшавським метрополітеном. Для цього необхідно оцінити технічний стан отриманих вагонів та вирішити ряд питань для їх адаптації до умов роботи у Київському метрополітені, оскільки у Варшавському метро використовується ширина колії 1435 мм та застосовано інша система сигналізації при русі поїздів на лініях Варшавського метрополітену. Отже, для можливості використання отриманих вагонів необхідно адаптувати електричні пневматичні схеми вагонів до умов

експлуатації в Київському метрополітені із встановленням поїзних пристроїв системи сигналізації та регулювання швидкості руху поїздів, а також обладнати вагони візками з елементами відповідної конструкції, що стосується зокрема габаритних розмірів, а також необхідно провести ряд робіт з технічного обслуговування вагонів.

Висновки і пропозиції. Таким чином, можна зробити висновок, що отримані вагони Варшавського метрополітену потенційно можна використати для організації руху на Сирецько-Печерській лінії метрополітену після проведення робіт з їх адаптації до умов метрополітену міста Києва.

Л і т е р а т у р а

1. Окремі технічні характеристики з питань експлуатації КП «Київський метрополітен». 2020. 58с.
2. Офіційний сайт КП «Київський метрополітен». [http:// www.metro.kyiv.ua](http://www.metro.kyiv.ua).
3. Офіційний портал Києва.
https://kyivcity.gov.ua/news/vitaliy_klichko_zustrivsya_z_merami_chotirokh_yevropeyskikh_stolits_chlenami_paktu_vilnikh_mist_yaki_vidvidali_kiv/
4. Офіційний портал Києва.
https://kyivcity.gov.ua/news/vitaliy_klichko_oglyanuv_pershu_partiyu_vagoniv_vid_varshavskogo_metropolitenu_foto/.
5. Інформаційне агентство УНІАН
<https://www.unian.ua/economics/transport/metro-na-vinogradar-planuyut-vidkriti-u-2024-roci-klichko-novini-kiyeva-12219237.html>

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗРОЗБІРНОЇ ОЧИСТКИ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ

Буренко Ю.П. – здобувач вищої освіти гр. 2ЛЛГ-маг, y.p.burenko@ukr.net

Ткаченко В.П. – д-р техн. наук, професор, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

TECHNOLOGY OF GROSS-LESS CLEANING OF DIESEL DIESEL FIRING EQUIPMENT

Burenko Y.P. – student gr. 2LLG-mag,, y.p.burenko@ukr.net

Tkachenko V.P. – Dr. Tech. sciences, professor, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The work is dedicated to the technical maintenance and repair of diesel locomotive combustion equipment. Diesel fuels produced using advanced technologies cannot ensure the cleanliness of the fuel supply system of the engine during its operation. It is important to note that the thickness of the insert in the fuel supply system can damage its operation. The technology of no-gap cleaning of fuel supply systems and cylinder-piston group from carbon bearings is reviewed. Officials have analyzed the processes of creation and accumulation of carbon deposits on the fuel supply elements of diesel engines and the methods of dispensing fuel with diesel nozzles. The technology of disassembly-free removal of carbon deposits from the diesel fuel supply system of diesel engines is reviewed.*

Keywords: *diesel locomotive, burning fuel, burning equipment, carbon deposits, other additives before burning.*

Актуальність дослідження. При експлуатації тепловозного дизеля в його системах утворюються та накопичуються різного складу відкладення, які призводять до погіршення характеристик роботи дизелів та суттєво впливають на їх ресурс. Технологія технічного обслуговування та поточних ремонтів не передбачає можливості запобігання утворення та накопичення забруднень і зводиться, в основному, до їх видалення пов'язаного з демонтажем елементів або розбиранням механізмів дизеля. Склад та структура вуглецевих відкладень залежить від конструкції двигуна, місця утворення, типу системи паливоподачі, типу моторного палива, якості моторної оливи.

Механічне видалення вуглецевих відкладень приводить до додаткового зношування циліндрів та поршнів. Перспективним є використання різних хімічних способів запобігання утворенню відкладень в елементах паливної апаратури та циліндрово-поршневої групи та очищення від них без розборки дизеля. Нафтозаводи розвинених країн світу вводять в моторні палива різні

присадки. На світовому ринку існує понад 1000 різних присадок. Наприклад, обсяг споживання присадок до моторних палив в США сягає 100 тис.т на рік. Виробники присадок рекламують переваги, які забезпечують присадки, не розкриваючи, в більшості випадків, їхнього складу.

Метою роботи є огляд та аналіз ефективності технологій безрозбірної очистки паливної апаратури тепловозних дизелів.

Огляд та аналіз ефективності методів очистки паливної апаратури тепловозних дизелів.

Заходи що запобігають забрудненню та сприяють видаленню його компонентів з системи паливоподачі під час експлуатації дизеля можна поділити два основних напрямків:

- використання ефективних фільтрів грубої та тонкої очистки палива;
- застосування миючих присадок до палива.

Певна група відомих присадок не можуть використовуватися, оскільки їхнє використання збільшує токсичність відпрацьованих газів, погіршує властивості палив, значно підвищує вартість палива тощо. Ряд присадок заборонені по екологічним (містять свинець, барій, марганець) та експлуатаційним міркуванням.

В європейських специфікаціях на дизельне паливо відсутні прямі вимоги щодо обов'язкового введення миючих присадок, але незважаючи на відсутність законодавчого регулювання в Європі понад 90% палива, що реалізуються в країнах ЄС, містять миючі присадки.

Зниження вмісту сірки в паливі призводить до суттєвого зменшення токсичних складових відпрацьованих газів дизелів, таких як тверді частинки, SO₂ і незгорілі вуглеводні, але як і раніше залишається проблема викидів вуглекислого газу. Ефект щодо зниження викидів CO₂ може бути отриманий тільки застосуванням палив, що забезпечують чистоту основних деталей двигуна і перешкоджають утворенню відкладень.

Жодна з представлених виробниками присадок до дизельного палива не підтвердила свою ефективність при випробуваннях, які проводилися згідно вимогам висунутих АТ «Укрзалізниця».

Технологія безрозбірної очистки паливної апаратури тепловозних дизелів.

До комплексу матеріалів та технологічного обладнання для безрозбірної очистки паливної апаратури тепловозних дизелів відносяться:

- миюча рідина;
- пристрій для очистки системи паливоподачі тепловозів;

- паливні шланги для підключення подаючого та зворотного паливопроводів дизельного двигуна;

- фільтр тонкої очистки палива.

Виходячи з умов застосування миючої рідини в системі паливоподачі та тепловозному дизелі, а також з умов транспортування і зберігання миючої рідини для видалення вуглецевих відкладень ставляться такі вимоги:

- миюча рідина повинна забезпечувати видалення вуглецевих відкладень з поверхонь і з каналів деталей системи паливоподачі та винос адсорбованих відкладень з дизеля;

- миюча рідина не повинна утворювати осадів в баку промивної установки, на фільтрах, а також не повинна містити механічних домішок і води;

- миюча рідина не повинна кородувати ємності, паливну апаратуру, а також викликати знос останньої;

- миюча рідина повинна бути стабільною при зберіганні, тобто при тривалому зберіганні вона не повинна змінювати своїх властивостей;

- миюча рідина повинна бути доступна а її використання економічно доцільне.

Миюча рідина, що розглядається в роботі відповідає всім названим вимогам, а значна кількість фізико-хімічних властивостей - близька до дизельного палива.

Миюча рідина складається з комплексу систем: основи; системи розчинників; миючої система.

Основа слугує для транспортування ПАР до поверхонь з вуглецевими відкладеннями. Особливістю основи миючої рідини, що розглядається в дослідженні є те, що вона горюча. Горюча основа дозволяє проводити очистку системи паливоподачі при працюючому дизелі – це дає можливість виконувати видалення вуглецевих відкладень з системи паливоподачі без застосування складного технологічного обладнання. Також перевагою основи є те, що вона здатна легко приєднувати різні ПАР, що дозволяє їм легко взаємодіяти з вуглецевими відкладеннями.

Система розчинників призначена для впровадження ПАР в структуру вуглецевих відкладень для розриву зв'язків між кристалами карбенів і карбоїдів, адсорбції смол і асфальтенів, тобто «розрихлення» відкладень. Миюча система.

Миюча система слугує для видалення розрізнених кристалів карбенів і карбоїдів, адсорбованих смол і асфальтенів з поверхонь системи паливоподачі та ЦПГ, тобто для максимального очищення поверхонь від вуглецевих відкладень.

Принцип дії пристрою (стенду) заснований на циркуляції миючої рідини з високою концентрацією поверхнево активних речовин у суміші з дизельним паливом по системі паливоподачі дизельного двигуна під час його роботи.

Комплект технологічного обладнання для проведення очищення системи паливоподачі складається з наступних елементів:

- пристрій для очистки системи паливоподачі;
- паливні шланги для підключення подаючого та зворотнього паливопроводів дизельного двигуна;
- фільтр тонкої очистки палива.

Конструкція пристрою (рис.) становить собою металевий каркас у якому розміщено ємність у яку заливаються миюча рідина та дизельне паливо у співвідношенні 1:1.

Висновок. Використання технології безрозбірної очистки паливної апаратури тепловозних дизелів дозволяє суттєво скоротити час і витрати на технічне обслуговування тепловозних дизелів і підтримувати стабільні техніко-економічні показники енергетичних установок тепловозів в процесі експлуатації.

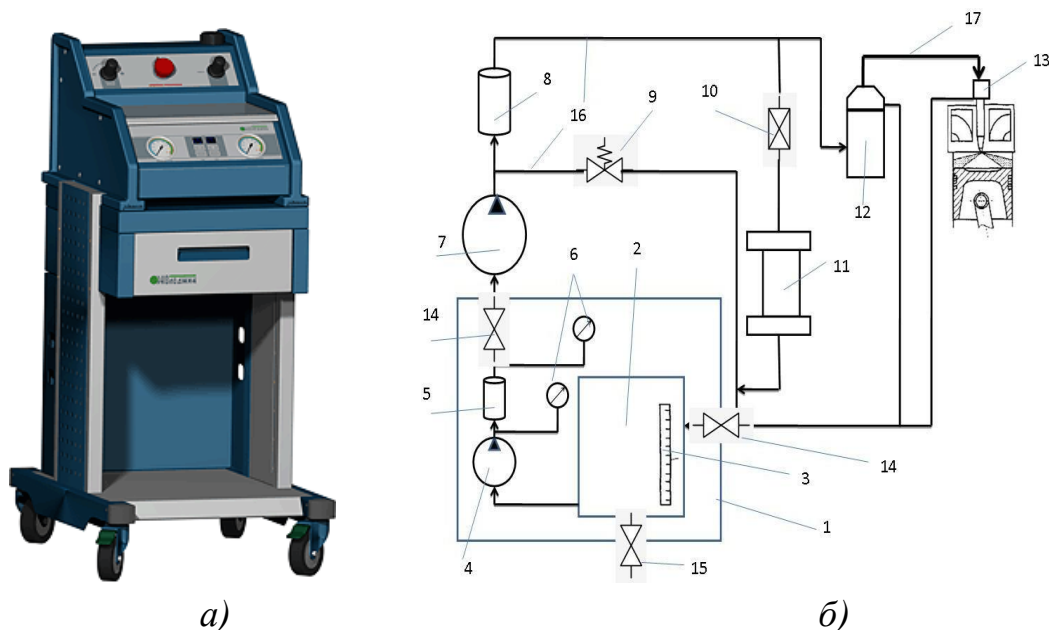


Рисунок – Загальний вигляд та функціональна схема пристрою для очищення системи паливоподачі підключеного до паливної системи тепловоза:

1 – пристрій для безрозбірного очищення паливної системи; 2 – ємність для миючої рідини; 3 – мірне скло; 4 – циркуляційний насос; 5 – фільтр; 6 – манометри; 7 – паливний насос тепловозу; 8 – ФТО; 9 – запобіжний клапан; 10 – перепускний клапан; 11 – паливopідігрівач; 12 – ПНВТ; 13 – форсунки дизеля, що обробляється; 14 – запірні клапани з фітингами для з'єднання пристрою з паливною системою тепловоза; 15 – клапан для зливу відпрацьованої миючої рідини; 16 – трубопровід низького тиску; 17 – трубопровід високого тиску

Л і т е р а т у р а

1. Srivastava, S. P., & Hancsok, J. (2014). Fuels and fuel-additives. John Wiley & Sons. <http://surl.li/mxdbp>.

2. Роїк, І. В. (2018). Обґрунтування вибору складу присадки комплексної дії до бензинів. Молодий вчений, 6 (2). 236-239. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/molv_2018_6\(2\)_5.pdf](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/molv_2018_6(2)_5.pdf).
3. Ковтун, Г. (2005). Альтернативні моторні палива. <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/1217/03-kovtun.pdf>.
4. Сич, О. А., & Стальмахович, С. І. (2015). Дослідження миючих присадок до моторних палив. Криміналістика и судебная экспертиза, (60), 323-336. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/krise_2015_60_36.pdf.
5. Олійник, М.М., Фурс, Т.В. (2023). Підвищення якості автомобільних палив способом введення присадок. Луцький національний технічний університет, 47. <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/12847/1/%D0%9B%D0%A3%D0%A6%D0%AC%D0%9A-%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B8-2023.pdf#page=47>.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДТРИМУЮЧИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ВАГОНРЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Волошин Д.І. – к.т.н., доцент, dmivol777@gmail.com

Волошина Л.В. – к.т.н., ст. викладач, ludmivol@gmail.com

*Український державний університет залізничного транспорту
Україна, Харків*

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SUPPORTING PRODUCTION PROCESSES IN THE WAGONS REPAIR PRODUCTION

Voloshyn D. I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
dmivol777@gmail.com

Voloshyna L. V. – Candidate of Technical Sciences, Senior Teacher,
ludmivol@gmail.com

*Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv*

Abstract. *The relevance of the study is determined by the need to make changes to the modern system of maintenance and repair of equipment. The development of measures to improve the system will minimize all production costs due to the use of progressive methods of organizing the production environment. To assess the degree of physical wear and tear and determine the factors that affect the efficiency of the equipment, the research used an expert method based on an examination of the actual technical condition of the equipment. The development of a progressive system of equipment repair based on a combination of systems of planned and preventive repair and repair according to the actual condition makes it possible to increase the overall efficiency of the production system of the wagons repair enterprise.*

Keywords: wagon repair production, production costs, planned preventive maintenance of equipment

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю внесення змін до сучасної системи технічного обслуговування та ремонту обладнання в умовах вагоноремонтних підприємств. Усереднені і застарілі нормативи, велика трудомісткість профілактичних робіт, значна чисельність ремонтного персоналу, відсутність фактичної гарантії безвідмовної роботи у часі помітно позначаються на роботі обладнання та персоналу, який безпосередньо його обслуговує.

Метою роботи є аналіз технічних і організаційних факторів в системі планово-попереджувального ремонту обладнання, які впливають на загальну ефективність виробничої системи. Розробка заходів по удосконаленню системи дозволить мінімізувати всі витрати виробництва за рахунок застосування прогресивних методів організації виробничого середовища [1].

Забезпечення якісного виконання технічного обслуговування та ремонту вагонів прямо залежить від технічного стану технологічного обладнання та прийнятої системи організації його роботи на вагоноремонтному підприємстві. Згідно отриманих даних, застарілість обладнання по деяким вагонним депо складає більше 70%, а нове обладнання без раціональної системи догляду швидко починає працювати з перебоями, що може призвести до неякісного виконання технічного обслуговування вагонів, простоїв обладнання, збільшення витрат усіх видів енергоресурсів та інших негативних наслідків.

На поточний момент для забезпечення працездатності обладнання застосовують систему планово-попереджувального ремонту (ППР). Вона являє собою сукупність організаційних і технічних заходів стосовно догляду, нагляду, обслуговування та ремонту обладнання, які проводяться профілактично за заздалегідь складеним планом.

На фоні видимих переваг, які обумовили її широке застосування у промислових системах, вона має і ряд значних недоліків:

- відсутність зручних інструментів планування ремонтних робіт;
- трудомісткість розрахунків трудовитрат;
- велика трудомісткість профілактичних робіт;
- значна чисельність ремонтного персоналу;
- складність оперативного коригування запланованих ремонтів та ін.

Для оцінки ступеня фізичного зносу та визначення факторів, які впливають на ефективність роботи обладнання у дослідженні було застосовано експертний метод, заснований на обстеженні фактичного технічного стану обладнання [2]. Аналізуючи отримані коефіцієнти важливості, було зроблено висновок, що

найбільш критичними факторами впливу на ефективність виробничих систем є використання застарілих технологій організації та фактичний знос самого обладнання.

Також було проведено картування поточного стану процесу ремонту технологічного обладнання в умовах вагонного депо. Виявлено, що ряд технологічних операцій (підготовка запасних частин та інструментів, розбирання верстата та складання дефектної відомості та ін.) виконуються нерационально з точки зору розподілення часу. Для зменшення загальної тривалості виробничого циклу рекомендовано проведення оптимізації компоновування обладнання та оснащення у ремонтній дільниці.

Відмітимо, що проведення своєчасної діагностики та наявність механізмів прогнозування змін параметрів відмов та пошкоджень обладнання дозволяє визначити граничну дату, при настанні якої потрібно проведення оперативних впливів для запобігання технічних несправностей.

Враховуючи переваги та обмеження підходів до ремонту обладнання як за планом (напрацювання), так і за фактичним станом нова організаційна система може бути створена на основі поєднань обох підходів:

- використання системи пріоритетів при плануванні ремонтних операцій;
- різні принципи планування за видами обладнання та робіт;
- планування значної частини робіт по напрацюванню;
- наявність уточнення по горизонтах планування з урахуванням технічного стану обладнання;
- середньострокове і короткострокове планування та ін.

Висновок. Розробка прогресивної системи ремонту обладнання на основі поєднання систем планово-попереджувального ремонту та ремонту по фактичному стану дає можливість підвищення загальної ефективності виробничої системи вагоноремонтного підприємства за рахунок скорочення виробничих втрат.

Л і т е р а т у р а

1. Волошин Д. І., Волошина Л. В. Використання принципів виробничої логістики для підвищення ефективності виробничих систем. IV Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ЕУ Одеського національного морського університету. MPP&O-2022 (Одеса – Карасу (Стамбул) – Одеса, квітень 2022 р.). Одеса: ОНМУ, 2022. <http://2022.depas.od.ua/>.

2. Гнатієнко Г. М. Експертні технології прийняття рішень : монографія / Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк. К. : [б. в.], 2008. 444 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ПЕРІОД ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

Габа В.В. – к.т.н., професор gaba.vasyl@gmail.com
Грушевська Т.М. – к.т.н., доцент gtm1520@gmail.com
Корошенко Д.І. – магістр, korotenko_di@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF THE ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN THE PERIOD OF MILITARY ACTIONS IN UKRAINE

Gaba V.V. – Candidate of Technical Sciences, Professor gaba.vasyl@gmail.com
Hrushevska T.M. – Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor gtm1520@gmail.com
Korotenko D.I. – Master, korotenko_di@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper presents the role of railway transport in the organization of passenger transportation during the period of military operations in Ukraine. The current state of the organization of passenger rail transportation in recent years, as well as the influence of external factors on them, is analyzed. Measures are proposed to improve the organization of passenger transportation during the war in Ukraine, and the provision of rail transport services.*

Keywords: *passenger transportation, period of military operations, passenger services, railway transport, evacuation trains.*

Актуальність дослідження зумовлена раціональною організацією пасажирських перевезень в період воєнних дій в Україні. Створення єдиного інформаційного середовища, надання додаткових сервісних послуг пасажиром, узгодження графіку руху транспортних засобів, продаж єдиних проїзних документів та перевезення пасажирів з територій, де ведуться бойові дії на особливих умовах є пріоритетними напрямками у сфері пасажирських перевезень.

Метою роботи є пошук напрямків організаційного удосконалення пасажирських перевезень на залізничному транспорті в період воєнних дій в Україні.

При транспортному обслуговуванні великих міст, залізничні пасажирські перевезення відіграють важливу роль для населення. Це особливо було помітно на початку бойових дій на території нашої країни. Залізничний транспорт взяв

на себе відповідальність за виконання багатьох важливих стратегічних завдань, зокрема евакуацію мирного населення з районів, у яких бойові дії мали найбільш активний характер, перевезення військової техніки, боєприпасів, палива, транспортування поранених військових і цивільних громадян [1].

Розгалужена мережа залізниць України та її високі провізні можливості, регулярність і універсальність перевезень, незалежно від пори року і кліматичних умов, в умовах жорсткої конкуренції визначають важливу роль залізничних пасажирських перевезень у транспортному обслуговуванні великих міст [2]. Експлуатаційна довжина залізниць, за винятком невідконтрольованих українській владі територій (станом до 24.02.2022 р.) становить 19,8 тис. км, з яких 47,2 % є електрифікованими [3].

Залізниця є найдоступнішим видом транспорту за такими критеріями, як вартість перевезень, час знаходження пасажирів у дорозі, доступність за географічним охопленням. В період воєнних дій в Україні, залізничний транспорт став один із видів транспорту, який використовується на 100%, не має порожніх пробігів, оскільки пасажирські поїзди використовують не тільки для евакуації людей, а і для перевезення гуманітарної допомоги в міста, що її потребують та перевезення військових. На сьогодні в Україні є ряд міст, яким необхідна евакуація в першу чергу, але і ряд міст, в яких ситуація контрольована. Насамперед, досить багато людей евакуюються самостійно переміщаючись в сусідні області, що спричиняє потребу в гуманітарній допомозі [4]. Оскільки будь-які бойові дії несуть за собою руйнування інфраструктури, серед якої не є винятком і залізнична. Тому при плануванні та організації залізничних перевезень, зокрема пасажирських, виникає необхідність урахування ризиків і наслідків пошкодження цієї інфраструктури.

З початку воєнних дій територією нашої країни було перевезено понад 3 мільйони пасажирів, значна кількість яких були вимушені переселенці. В більшості випадків люди слідували не лише на західну Україну, а і за її межі. На теперішній час логістика пасажирських перевезень вибудована з урахуванням воєнного стану в державі, налагоджені процеси спрямування пасажиропотоків в містах України та удосконалені механізми міжнародних пасажирських перевезень. Залізничники вчасно виконали та продовжують забезпечувати евакуацію мирного населення з місць ведення активних бойових дій, таких як Краматорськ, Харків, міст Донецької та Луганської областей. В умовах закритого неба популярність міжнародних залізничних перевезень в Україні невпинно зростає. Минулого 2022 року міжнародними пасажирськими поїздами перевезено 1,4 млн пасажирів, що вдесятеро більше, ніж у 2021 році. Цього року ця тенденція продовжується. За три літні місяці міжнародними поїздами до/з України скористалось 0,6 млн пасажирів, що майже на 50% більше, ніж улітку

минулого року. В той же час спостерігається особливий дефіцит квитків на поїзди міжнародного сполучення на варшавському напрямку. З метою вирішення цієї проблеми АТ «Укрзалізниця» спільно з польською залізничною компанією SKPL запустили новий маршрут – з Варшави до Львова через Рава-Руську. Отже, враховуючи вищенаведену інформацію, можна сказати, що особливо актуальним в нинішніх умовах є удосконалення організації пасажирських перевезень в період воєнних дій на території країни шляхом збільшення кількості маршрутів у міжнародних напрямках. Вузьким місцем у подальшому збільшенні кількості міжнародних залізничних перевезень пасажирів залишається необхідність їх пересадки або перестановки візків на прикордонних станціях з різною шириною колії. Тому питання продовження європейської колії від станції Рава-Руська до станції Львів було б кращим варіантом вирішення цієї проблеми. Зрозуміло, що в умовах війни такий проєкт здійснити складно, але проєктні та організаційні заходи доцільно розпочати. Враховуючи те, що за різними даними тільки в країнах Європейського Союзу на теперішній час знаходиться близько 4 млн вимушених переселенців з України і без подальшого розвитку та удосконалення залізничних пасажирських перевезень здійснювати їх переміщення буде складно.

Висновок. Отже, в результаті аналізу організації пасажирських перевезень можна виділити основні напрямки організаційного удосконалення пасажирських перевезень на залізничному транспорті в період воєнних дій в Україні, а саме: оновлення рухомого складу, забезпечення координації діяльності з автомобільним транспортом в частині узгодження розкладу руху автобусів з часом прибуття поїздів, підвищення швидкостей руху поїздів, покращення надання транспортних послуг до поїздки, під час поїздки та після, покращення техніко-експлуатаційних параметрів і показників, що характеризують якість та ефективність пасажирських перевезень. Необхідно на державному рівні розглянути питання здійснення прямих безпересадочних пасажирських перевезень між Україною (м. Львів) та країнами Європейського Союзу по європейській ширині колії. Це дало б можливість додатково використовувати рухомий склад країн Європейського Союзу.

Л і т е р а т у р а

1. Бутко Т.В., Примаченко Г.О., Тарасов К.О. Удосконалення існуючих методів організації пасажирських залізничних перевезень з урахуванням можливих ризиків руйнування залізничної інфраструктури. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2022 №3. С. 3-9.

URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ikszt_2022_3_2.

2. Hrushevska T. Criteria for choosing promising directions in suburban connection for the introduction of train speed. Materials of the XV International scientific and practical

conference. MODERN EUROPEAN SCIENCE 2019 June 30 - July 7, 2019 Volume 9. P. 52–55.

3. Інформація про українські залізниці. Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html> (дата звернення: 20.10.2023).

4. Павленко О. І., Павленко І. П. Роль залізничного транспорту в евакуації населення в період воєнних дій в Україні. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Серія Транспортні системи та технології перевезень. Вип. 23. 2022 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИЛОВИХ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Голубєв А.В. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, golubev.andrvmad@outlook.com

Співак О.М. – к.т.н., доцент, alexspi@ukr.net

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

MODERNIZATION OF POWER SWITCHING APPARATUS OF RAILWAY TRACTION ROLLING STOCK

Golubev A. – student gr. 2EEE-mag, golubev.andrvmad@outlook.com

Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, alexspi@ukr.net

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The work is devoted to the analysis and research of the designs of contactors of power and auxiliary circuits of locomotives. Most power contactors have sufficient reliability, but there are a number of disadvantages of such devices: they have a rather complex design, do not provide full protection of the equipment from the negative impact of an electric arc, which leads to an increase in the cost of repairing such contactors. Failure of the power contactor can lead to failure of the locomotive. As a modernization of the design of power contactors, the use of a vacuum arc extinguishing chamber is proposed to reduce the effect of an electric arc on the contact.*

Keywords: *vacuum, arc, contactor, switching, reliability.*

Актуальність дослідження. Одним з важливих елементів як системи тягового приводу так і допоміжних систем на локомотивах із електричною передачею потужності є комутаційні апарати. В якості апаратів захисту, пускових та поїзних контакторів використовуються контакторні комутаційні апарати.

Існуючі конструкції контакторів силових та допоміжних кіл мають достатню надійність. Але існує і ряд недоліків таких контакторів: вони мають достатньо складну конструкцію, не забезпечують повного захисту обладнання від негативного впливу електричної дуги, що веде за собою підвищення витрат на проведення ремонту таких контакторів. Вихід з ладу силового контактору може призвести до відмови у роботі локомотиву, збою графіку руху, зниження економічного ефекту роботи залізниць.

Метою роботи є підвищення довговічності та надійності силових комутуючих апаратів за рахунок зменшення дії електричної дуги на контакт в зоні дотикання контактної пари.

Дослідження і аналіз роботи основних вузлів силових комутаційних апаратів.

Контактори є одним з найбільш відповідальних електричних апаратів електричних кіл рухомого складу. Це обумовлено функціями, які вони виконують: вчасна і надійна комутація елементів силового кола локомотивів чи розрив силового кола з метою припинення функціонування цих складових. Вихід з ладу силового контактора може призводити до відмови в роботі локомотива, збою руху, і як наслідок, зниження економічного ефекту роботи дороги.

У зв'язку з цим до контакторів висувається ряд вимог [1,2,3]. Зокрема, контактор повинен забезпечувати надійну комутацію тягових електродвигунів із силовим колом локомотива. Контактор повинен забезпечувати якомога нижчий рівень перехідного опору в зоні контакту, яке є обернено пропорційним силі натискання контактів і не вимагати занадто високого класу обробки поверхні контактів.

Конструкція контактору повинна забезпечувати якомога нижчий рівень окислення поверхонь контактів в процесі роботи. Контакти повинні бути достатньо зносостійкими проти механічних і електричних, теплових та інших факторів, що мають місце бути при експлуатації.

У процесі експлуатації силові контактори піддаються значному негативному впливу. Основними негативно впливаючими факторами є значні механічні дії: удари, вібрації, інерційні сили.

До найбільш інтенсивного зносу схильні контактні поверхні апаратів, що розривають великі струми, серед яких знаходиться і поїзний контактор. Великі значення струмів (тисячі ампер) при високих (тисячі вольт) напругах вимагають якомога швидкого розмикання контактів та гасіння дуги, що досягається застосуванням в апаратах потужних систем дугогасіння.

Виникаючі при розриві контактів електричні дуги можуть бути настільки сильними, що стінки та перегородки дугогасильних камер вигоряють іноді

майже на половину їх товщини, оплавляються дугогасильні роги. Від електричних дуг обгорає електрична ізоляція котушок, проводів, прискорюється знос контактів апаратів.

Підвищені напруги створюють умови для виникнення пробою ізоляції елементів апаратів і проводів. Підвищена напруга може бути причиною виникнення електричних дуг, що призводять до перерахованих вище пошкоджень. Перекриттю ізоляційних поверхонь електричними дугами сприяють підвищена вологість навколишнього повітря і його забрудненість [1-3].

Статистичні дані локомотивних депо Укрзалізниці свідчать, що найбільш частими є відмови контакторів силових кіл, причому серед них більшість посідають контактори із електропневматичним приводом (64%). На апарати захисту припадає біля 6% усіх відмов.

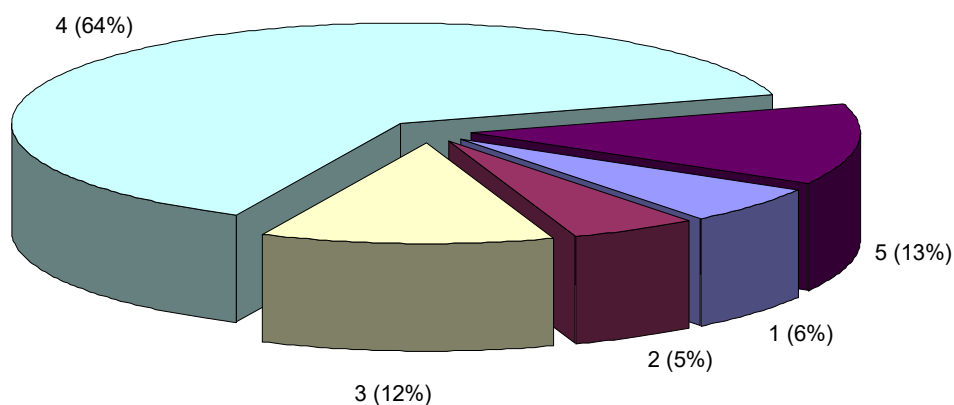


Рисунок – Розподіл відмов комутаційної апаратури електровозів за призначенням окремих апаратів

1 – апарати захисту, у т.ч. швидкодіючі вимикачі; 2 – реле захисту та контролю; 3 – контактори допоміжних кіл; 4 – контактори силових кіл (електропневматичні); 5 – контактори силових кіл (електромагнітні)

В контактних апаратах при наявності досить високої напруги в колі при розриві контактів можлива поява електричної дуги. Це явище шкідливе тому, що в результаті його, по-перше, не здійснюється розрив електричного кола, а по-друге, відбувається вигорання контактних поверхонь контактів і достатньо прилеглих біля них поверхонь. Вигорання поверхні контактів веде до того, що на ній утворюється нагар, який має меншу електропровідність, ніж матеріал контактів, що веде до збільшення перехідного опору контактів. Крім того, електрична дуга ініціює підвищений знос контактів, що при довготривалому і багаторазовому впливі дуги може зменшити їх геометричні розміри. Це призводить до зменшення контактного натискання, зміни розчину і провалу контактів, що стає умовою ненадійності роботи апарату та погіршення його

характеристик таких як: час замикання і розмикання контактів, контактна натиснення та інше.

Існує кілька методів для гасіння електричної дуги:

- подовження дуги;
- розподіл довгої дуги на ряд коротких дуг;
- охолодження дуги у вузьких щілинах;
- гасіння дуги в струмені стисненого повітря;
- гасіння дуги в рідині, наприклад, у трансформаторному маслі.

Відомо що вакуум має високі ізоляційні та дугогасні властивості [1,2,3]. Початкова міцність дугового проміжку відновлюється в залежності від часу у вакуумі на кілька порядків вище, ніж в інших середовищах. В основу конструкції контактора для силових кіл рухомого складу залізниць пропонується покласти вакуумну дугогасильну камеру (ВДК), яка виконуватиме дві функції: по-перше, торцева контактна пара ВДК забезпечуватиме комутацію силових кіл локомотивів, а по-друге, наявний у ВДК вакуум сприятиме гасінню електричної дуги, що виникає при розмиканні контактних поверхонь під напругою.

Конструктивні переваги вакуумних вимикачів:

- висока швидкодія, відключення струму при першому переході його через нуль (а у випадку використання ВДК у контакторах постійного струму – після переведення струму через нуль) після розведення контактів;
- висока швидкість відновлення електричної міцності міжконтактного проміжку у вакуумі після згасання дуги;
- високий комутаційний та механічний ресурс, який визначається високою зносостійкістю контактів при комутації номінальних струмів і струмів короткого замикання;
- вибухо- та пожежобезпечність, навіть при роботі в агресивних середовищах;
- широкий діапазон робочих температур;
- підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень;
- малі габарити і маса дають перевагу при виконанні монтажу;
- можливість довільного просторового розташування ВДК без погіршення якісних параметрів вимикача, що створює додаткові зручності при монтажі.

Експлуатаційні переваги вакуумних вимикачів:

- висока надійність – менше інтенсивність відмов, час відновлення, частота і тривалість ремонтів;
- безшумність, відсутність викидів, продуктів горіння дуги та зовнішніх ефектів при відключенні струмів короткого замикання, відсутність забруднення навколишнього середовища (екологічність);

- мала потреба в обслуговуванні при експлуатації дозволяє скоротити перерви в електропостачанні, пов'язані з виконанням регламентних робіт.

Висновок. Використання вакуумної дугогасильної камери забезпечує високу швидкість відновлення електричної міцності міжконтактного проміжку і суттєво зменшує дію електричної дуги на контакт.

Л і т е р а т у р а

1. Тягові електричні апарати контактні: підручник / Л. В. Дубинець та ін. Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп., Д.: Нова ідеологія, 2002. 104 с.
2. Електричні апарати: підручник / Бржезицький В.О., Зелінський В.Ц., Лежнюк П.Д., О.Є. Рубаненко О.Є. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. 602 с.
3. Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі: навч. посібник. Харків: Талант, 2008. 208 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ ТНХК НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ

Гончаров В.Ю. – магістр, goncharov_diy@gsuite.uit.edu.ua
Павлюк З.І. – магістр, pavluk_zi@gsuite.uit.edu.ua
Дорошенко О.Ю. – к.т.н., доц., doroshenko_oy@gsuite.uit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

STUDY OF THE INFLUENCE OF TNHК ADDITION ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

Goncharov V.Yu. – Master's degree, goncharov_diy@gsuite.uit.edu.ua
Pavlyuk Z.I. – Master's degree, pavluk_zi@gsuite.uit.edu.ua
Doroshenko O.Yu. – Ph. D., associate professor, doroshenko_oy@gsuite.uit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. The paper examines the influence of additives on the properties of concrete TNHК. After a series of tests it was determined the optimum number of supplements TNHК. Found that the addition TNHК accelerates hardening concrete mix at an early age can increase branded mitsnis concrete notcause increase corrosion damage of steel compared to the benchmark produces a microporous structure of cement that provides the best protection for reinforcement. Besides the use of additives in concrete TNHК can accelerate the pace of construction of prefabricated and monolithic structures and buildings, save cement and reduce the total cost of construction.

Keywords: *cement-concrete, properties, chemical additives, curing.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що розвиток сучасної будівельної індустрії вказує на необхідність управління фізико-хімічними процесами твердіння бетону з метою інтенсифікації будівельних робіт, поліпшення технічних властивостей і зниження собівартості виробів. Рішення цієї задачі досягається введенням в бетонну суміш хімічних добавок - прискорювачів твердіння [1, 2]. Проте аналіз застосування існуючих добавок цього класу показує, що їм властиві деякі недоліки, пов'язані з корозією арматури, недобором марочної міцності бетоном, високою вартістю і дефіцитністю.

Мета роботи є розроблення, дослідження і виробнича перевірка комплексної добавки ТНХК, яка складається з двох компонентів – тіосульфату натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ і хлориду кальцію CaCl_2 [3]. Добавка ТНХК позбавлена вище перелічених недоліків, сприяє прискоренню твердіння бетонної суміші в ранньому віці, збільшує марочну міцність бетону. При призначенні складових добавки ТНХК враховувалося, що $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – розповсюджений хімічний продукт, недорогий, широко вживаний в промисловості, а CaCl_2 – багатотоннажний відхід содового і хлорного виробництва.

Синтез цих двох солей заснований на наступній передумові. Перший компонент добавки є ефективним прискорювачем твердіння, не викликаючи при цьому скорочення термінів тужавлення цементу, а також чинить інгібірувальну дію на арматуру, але в той же час дещо знижує 28 добову міцність в'язучого. Другий компонент прискорює твердіння і підвищує марочну міцність, але скорочує терміни тужавлення і викликає депасивацію сталевих арматур. Таким чином, обидва компоненти в комплексній добавці взаємно доповнюють один одного.

Методом ортогонального центрального композиційного планування була визначена оптимальна витрата добавки в бетонній суміші. Залежно від мінералогічного складу, виду цементу і водоцементного відношення оптимум ТНХК знаходиться в межах 0,4...0,7% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ + 0,4...0,6% CaCl_2 від маси цементу. При такій кількості добавки вдалося максимально посилити позитивний ефект кожного компонента і повністю виключити небажані прояви.

Експериментальні роботи проводилися з товарними портланд-цементами марки 500 Здолбунівського ЦШК і Кам'янець-Подільського заводу (вміст C_3A відповідно до 7,5 і 7,0%). Досліджувався бетон наступного складу Ц : П : Щ = 1 : 1,64 : 3,56 при В/Ц = 0,44 (витрата цементу – 350 кг/м³). Зразки 10 x 10 x 10 см. формувалися на стандартному вібротолочному столику. Твердіння здійснювалося в природних умовах при $18 \pm 2^\circ\text{C}$, а також при тепловологій обробці по режимах

3+3+6+2 години при 80°C, 4 + 3+13 + 3 години при 70°C і 3 + 2 + 8 + 3 години при 70°C.

Результати експериментів (табл. 1) свідчать про те, що бетон з добавкою ТНХК в усі терміни твердіння має міцність вище за еталон (бездобавочного складу). Кінетика зростання міцності показує, що максимальний ефект у разі природного твердіння досягається у віці до трьох діб. При наступному твердінні приріст міцності в бетоні з добавкою стабілізується і до 28 діб складає 112...116% міцності бездобавочного бетону.

Характер дії добавки на зростання міцності пропареного бетону подібний до дії на бетон природного твердіння, але, в цьому випадку, сильніше виражений. Так, відпускна міцність бетону з ТНХК перевищує еталон на 22...29% і складає близько 90% 28-добової міцності контрольних зразків.

Такий характер поведінки добавки ТНХК свідчить про її переважний вплив на управління саме початковими фізико-хімічними процесами гідратації в'язучого, формуванням його кристалізаційної структури. Введення добавки у водоцементну систему викликає структурування рідкої фази системи, орієнтування диполів H_2O , підвищення щільності ненасичених Н-зв'язків в координаційних сферах іонів. У цих умовах добавка ТНХК сприяє підвищенню енергії контактів твердої і рідкої фаз і як наслідок, інтенсивнішому розчиненню останньої.

Можна припустити наступний механізм такого процесу. Взаємодія оболонок гідратів іонів, що мають підвищену щільність ненасичених Н-зв'язків, з поверхнею цементних кристалів і встановлення з іонами водневих зв'язків енергетично полегшує наступну дисоціацію і адсорбцію молекул води на поверхні в'язучого. Такий процес істотно знижує енергію іонного зв'язку в ґратах цементних мінералів і забезпечує інтенсивніший відрив як окремих іонів, так і іонних пар з переходженням їх в об'єм рідкої фази.

Ці результати підтверджуються рентенофазовим і дифференціально-термічним аналізами дії добавки ТНХК, що дозволили встановити, що її присутність у водоцементній дисперсії створює принципово інші умови гідратації і розчинення в'язучого, кристалізації новоутворень і формування структур цементного каменю. Добавка активує процеси розчинення клінкерних мінералів і сприяє повнішій гідратації цементу. При цьому кристалізація новоутворень переміщується у бік збільшення кількості низько основних гідросилікатів кальцію, підвищення дисперсності нових фаз.

Важливим питанням застосування добавок в бетоні є універсальність їх дії на різні види клінкерного в'язучого. Дослідження показали (табл. 1), що добавка ТНХК позитивно впливає на обидва види цементу, але в цілому ефективніша при використанні в'язучого Здолбунівського ЦШК, ніж Кам'янець-Подільського

заводу, що пов'язано з відмінністю в хіміко-мінералогічному складі клінкерів.

Таблиця 1 – Кінетика зростання міцності бетону з добавкою ТНХК

вид цементу	добавка	міцність зразків при стиску, МПа									
		нормальне тверднення				після ТВО					
		1 доба	3 доби	7 діб	28 діб	3+3+6+2		4+3+13+3		3+12+8+3	
		1 доба	3 доби	7 діб	28 діб	1 доба	28 діб	1 доба	28 діб	1 доба	28 діб
Здолбунівський	еталон	8,4	17,9	27,2	36,8	23,7	34,4	37,1	43,3	30,2	38,5
	ТНХК	11,8	23,9	32,3	42,6	30,6	42,3	43,7	48,8	37,9	44,1
Кам'янець-Подільський	еталон	8,0	17,5	26,3	35,4	22,8	34,3	-	-	-	-
	ТНХК	10,9	22,6	30,7	39,6	27,9	40,9	-	-	-	-

У зв'язку з тим, що до складу добавки ТНХК входить хлорвмісна сіль - CaCl_2 , яка агресивна по відношенню до сталевій арматури, важливим було вивчення корозійного процесу в бетоні. Для проведення випробувань в бетонні зразки вище вказаного складу закладалися арматурні стержні з гладкого дроту класу В - 1, діаметром 5 мм. З метою порівняння стержні закладалися в бетонні кубики з індивідуальною добавкою CaCl_2 , узятого в еквівалентній (з добавкою ТНХК) кількості. Оцінка корозійної дії добавки на арматуру проводилась по зміні маси сталі і по глибині осередків корозії.

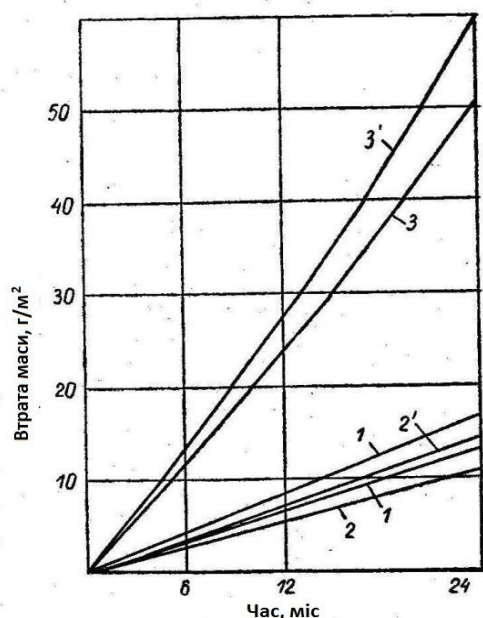


Рисунок 1 – Кінетика втрати маси сталевій арматури: 1 – без добавки; 2 – добавка ТНХК; 3 – добавка CaCl_2 при нормальному твердінні; 1', 2', 3' – ті ж, після тепловологої обробки

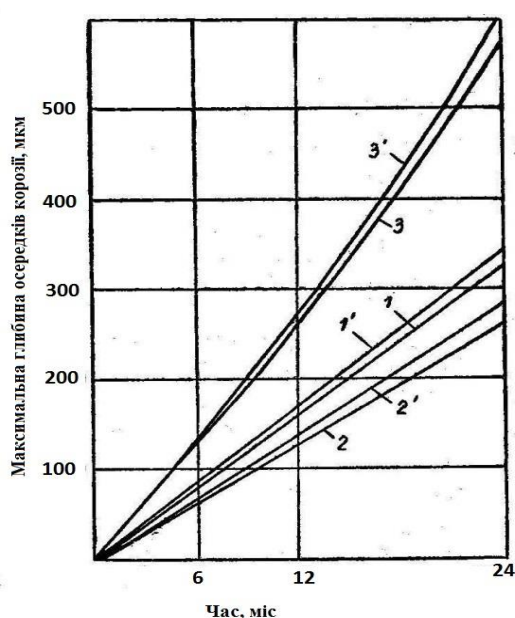


Рисунок 2 – Максимальна глибина осередків корозії: 1 – без добавки; 2 – добавка ТНХК; 3 – добавка CaCl_2 при нормальному твердінні; 1', 2', 3' – ті ж, після тепловологої обробки

В результаті випробувань встановлено (Рис. 1, 2), що у віці до 2-х років в усіх зразках бездобавочного бетону як нормального твердіння, так і після ТВО корозійні втрати незначні. Аналогічною дією на збереження арматури характеризується і досліджувана добавка ТНХК. Після 24 місяців випробувань арматурні стержні практично не були пошкоджені корозією. Кінетика вагових втрат і глибини ушкоджень стержнів в зразках з добавкою ідентична еталонним стержням. Слід зазначити, що процес корозії з однаковою інтенсивністю протікав протягом усього періоду випробувань, і в активності цього процесу не було відмічено періодів «сплеску» або «згасання». В цілому ж корозійні пошкодження сильніше виражені в бетоні, підданому тепловологій обробці.

Введення в бетон добавки хлориду кальцію викликало депасивацію арматури. Корозія стержнів виражена сильно, вагові втрати металу перевищують втрати еталонних стержнів і стержнів в зразках з ТНХК приблизно в 4 рази. Візуальний огляд виявив в усіх стержнях суцільну поверхневу корозію, а також значне число місць з точковою корозією.

Висновки. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що застосування добавки ТНХК не викликає збільшення корозійних пошкоджень сталі у порівнянні з еталоном. Відсутність корозії пояснюється тим, що: у оптимальних дозуваннях добавки ТНХК міститься незначна кількість хлор-іонів (до 0,4% від маси цементу), які повністю використовуються при утворенні малорозчинних гідрохлор-алюмінатів кальцію;

основним компонентом добавки є тіосульфат натрію, тобто сіль слабкої кислоти і сильної основи, тіосульфат-іон якої визначає лужну реакцію розчину добавки і є активним інгібітором корозії;

присутність добавки ТНХК сприяє формуванню більше мікропористої структури цементного каменю, що забезпечує надійний захисний шар для арматури.

Застосування добавки ТНХК в бетоні дозволяє прискорити темпи зведення збірних і монолітних конструкцій і споруд, економити цемент і зменшити загальну вартість будівельних робіт. Так, наприклад, використання добавки в монолітному висотному будівництві з вертикальною ковзною опалубкою дозволило майже в 2 рази прискорити термін розпалубки зовнішніх стін і інших конструкцій.

Л і т е р а т у р а

1. Дорошенко О. Ю., Чистякова В. В. Комплексна добавка для модифікації бетонів транспортного будівництва. Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2011р. Вип.19, С. 91...97.

2. Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М., Чистякова В.В. Вплив комплексної добавки на структуроутворення і властивості цементобетонну для покриття доріг Авт. дор. і дор. буд.. Випуск 82. НТУ. 2011. С. 59...64.

3. Дорошенко О. Ю. Формування структури цементного каменю з модифікуючими добавками. Збірник наукових праць ДУІТ Серія «Транспортні системи і технології». Випуск 31. 2018р. С. 54...59

4. L.Ferrante, J.Tirillò, F.Sarasini, F.Touchard, R.Ecault, M. A.Vidal Urriza, L.Chocinski-Arnault, D.Mellier: Behaviour of woven hybrid basalt-carbon/epoxy composites subjected to laser shock wave testing: Preliminary results, Composites Part B: Engineering 78, 2015, № 1, P. 162.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Гриценко Н.В. – к.е.н., доц., gritsenkonatal@gmail.com

Козодой Д.С. – к.т.н., доц., dmitry_1980@ukr.net

Український державний університет залізничного транспорту

Україна, м. Харків

OPTIMIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION LOGISTICS

Hrytsenko N.V. – PhD in Economics, docent, gritsenkonatal@gmail.com

Kozodoi D.S. – PhD in Technical, docent, dmitry_1980@ukr.net

Ukrainian State University of Railway Transport

Ukraine, Kharkiv

Abstract. *One effective approach to developing transportation systems that meet consumers' basic requirements for transport services is to utilize multimodal transportation based on logistic principles. This approach has a wide range of applications and is particularly relevant in current transportation policy discussions, since it encompasses both the entire transportation system and the country's overall transport policy. Optimizing multimodal transportation is crucial for enhancing the country's competitiveness in cargo transportation.*
Keywords: *logistics of multimodal transportation, transportation, intermodal transportation, logistic approach.*

Актуальність дослідження зумовлена використанням теоретичного підходу аналізу та оптимізації мультимодальних вантажних перевезень. Відповідно до цього підходу мультимодальні перевезення меншою мірою включають два різних види транспортування. Комбіновані перевезення підпадають під категорію мультимодальних, де для транспортування переважно

використовуються залізничний або автомобільний транспорт, а також річкові або морські перевезення.

Метою роботи є теоретичний підхід до мультимодальних перевезень та розробка комплексного плану оптимізації процесу у вигляді узагальнюючої схеми.

Одним із показників мультимодальної системи перевезень є наявність єдиного оператора доставки, який відповідає за виконання контракту від початку до кінця логістичної системи, з єдиною наскрізною ставкою вантажу та одним транспортним документом. По суті, при даному виді перевезень, бере участь лише один оператор, тоді як на різних етапах транспортного процесу може бути задіяно кілька експедиторів. Для вантажовідправників мультимодальна система оператора пропонує кілька переваг. Однією з переваг є звільнення клієнта від проведення фінансових розрахунків і юридичних операцій з кожним учасником транспортного процесу, крім того, у разі пошкодження клієнту залишається лише подати претензію оператору. Оператор також забезпечує регулярне оновлення інформації про рух вантажу. Більшість компаній у всьому світі приймають мультимодальний контекст від оператора, як документ для управління товарообігом. В результаті відправник, доставляючи товар оператору, може отримати суму вартості товару, не чекаючи його прибуття до місця одержувача.

Для мультимодальних перевезень слід застосовувати логістичний підхід, щоб об'єднати всі компоненти системи в єдине ціле, уникаючи непотрібних простоїв, які, наприклад, можуть звести нанівець переваги швидкої, але дорогої доставки [1].

Логістика дозволяє розробляти та керувати адаптивними транспортними системами, які зазвичай складаються з кількох підсистем, включаючи обладнання, технології та інформацію, які мають встановлені зв'язки із зовнішнім середовищем. Поєднуючи різні компоненти з єдиною метою та критерієм, логістика розглядає поведінку системи для компенсації перешкод і відновлення рівноваги.

Основною роллю логістики є транспортування, оскільки в основі будь-якої економіки лежить рух товарів у просторі та часі. Однак ринкові умови вимагають, щоб поставки відбувалися у визначені терміни з мінімізацією витрат. Для досягнення ефективного транспортування необхідно використовувати логістичні операції, такі як експедирування, обробка вантажу, передача права власності на вантаж, страхування ризиків і митні процедури. Крім того, логістичні операції дозволяють вибрати відповідного перевізника, тип транспортного засобу, спосіб транспортування та оптимізувати процес

транспортування. Ці операції мають вирішальне значення для мультимодального зв'язку.

Сьогодні мультимодальність є практичним транспортним рішенням, яке вимагає постійних удосконалень для забезпечення надійного та гнучкого функціонування з урахуванням нюансів сучасності країни.

Тому необхідна оптимізація логістики мультимодальних перевезень. Необхідно усунути недоліки цього виду перевезень [2,3] шляхом доопрацювання та оптимізації існуючих методів логістики мультимодальних перевезень. На підставі існуючих елементів мультимодальних перевезень, було схематично узагальнено та оптимізовано способи оптимізації мультимодальних перевезень. Узагальнена схема покращення логістики мультимодальних перевезень проілюстровано на рисунку.

Аналогічно поточній моделі, узагальнений підхід до оптимізації мультимодальних перевезень включає відмову від формування поїздів на станції відправлення та делегування певних підготовчих операцій на найближчі контейнерні термінали, щоб скоротити час обробки на дільничних і сортувальних станціях.



Рисунок – Узагальнююча схема оптимізації логістики мультимодальних перевезень (узагальнено на підставі [2, 3])

Оптимізація мультимодальних перевезень спрямована на використання більшої кількості технічних ресурсів через контейнерний парк, що потребує значних фінансових інвестицій. Звичайно, сьогодні, це є вагомим фактором який буде гальмувати процес оновлення та оптимізації, однак, при загальному погляді та привабливості проекту є всі шанси на залучення приватних інвесторів до впровадження.

Логістичний підхід, заснований на оптимізації, передбачає наявність окремого мультимодального транспортного оператора, який керує рухом матеріальних потоків у заданих параметрах. Це дозволить об'єднати окремі компоненти транспортування в єдину економічну систему, покращити управління вантажопотоком і досягти оптимальних результатів.

Висновок. В результаті теоретичного підходу до вивчення мультимодальних перевезень і представлення загальної схеми оптимізації ми досягли ряду переваг, серед яких скорочення часу обігу рухомого складу, загальних транспортних витрат і вагонного парку, скорочення термінів доставки вантажів і створення сприятливих умов для розвитку контейнерних перевезень. Такий логістичний спосіб організації мультимодальних перевезень має створити більші конкурентні переваги для учасників перевезень, що вкрай важливо в умовах відкритого ринку. Отже, оптимізація та вдосконалення механізму організації мультимодальних перевезень з оцінкою економічних ризиків є однією з життєво важливих підсистем у транспортній галузі, що сприятиме стабільному розвитку економіки. Сьогодні наша основна увага це запровадження нових принципів формування та координації державної політики у транспортній сфері. Іншими словами, необхідно створити умови для моніторингу якості роботи відповідних органів виконавчої влади в галузі мультимодальних перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. Григорак М.Ю. Концептуальні засади розвитку логістичної інфраструктури в умовах економіки знань / М.Ю. Григорак // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія: Економіка і управління. 2013. Вип. 26. С. 212-222.
2. Петренко О.І., Дереповська Т.В. Проблеми розвитку мультимодальних перевезень в Україні та шляхи їх розв'язання. Ефективна економіка. 2017. № 5. С. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5582> (дата звернення: 08.11.2023).
3. Соколова О.Є. Концептуальні засади формування мультимодальної системи перевезення вантажів / О.Є. Соколова // Наукоємні технології, 2014. № 1. С. 114-118.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗАСОБАМИ ДІАГНОСТИКИ

*Губаревич О.В. – к.т.н., доц., oleg.gbr@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

INCREASING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC RAILWAY STOCK OPERATION BY DIAGNOSTIC MEANS

*Gubarevych O. – Ph.D., Associate Professor, oleg.gbr@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The article discusses the topical issue of developing the structure of a diagnostic system for use as part of the electric drive of transport equipment of electric rolling stock of the railway. The diagnostic system provides monitoring of the current state of the main elements of asynchronous motors during the operation of the equipment. The diagnostic system includes modules for monitoring the main damage to motors according to operational statistics: the presence of an interturn short circuit in the stator winding, the state of a short-circuited rotor winding, monitoring the state of the winding insulation properties, imbalance of rotating masses and combined non-critical damage in the “others” group. The proposed structure of the diagnostic system will improve the efficiency, economy and reliability of electric rolling stock equipment on railways.*

Keywords: *transport technologies, induction motors, technical diagnostics, condition monitoring.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення та впровадження бортових діагностичних систем з контролю стану електромеханічного обладнання в період експлуатації, що сприяє підвищенню економічності та ефективності використання електрорухомого складу залізниць.

Підвищення ефективності та надійності роботи сучасного електрорухомого складу супроводжується підвищенням рівня контролюючих та діагностичних систем поточного стану електроприводів. Останнім часом все більш поширення на залізничному транспорті набувають асинхронні електродвигуни, які використовуються як у якості тягових двигунів (тип СТА 1200 у електровозах змінного струму ДС 3), так і для приводу допоміжних машин, що забезпечують функціонування електрорухомого складу. Враховуючи значну низку переваг при експлуатації найбільш використовуваними на залізничному транспорті є асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором.

Асинхронні двигуни з к.з. ротором на залізничному транспорті використовуються для наступних допоміжних машин:

- приводи компресорів, що забезпечують живлення стисненим повітрям гальмівних систем та електропневматичних приводів тягових апаратів та вентиляторів;
- приводи мотор-вентиляторів, що використовуються для охолодження тягових двигунів та установок для випрямлення;
- розщеплювачі фаз, що призначені для перетворення однофазного струму на трифазний, яким живлять асинхронні двигуни інших допоміжних машин;
- приводи електромеханічних переказних механізмів у стрілочних переводах, що застосовуються при електричній, диспетчерській та гірковій централізаціях.

Метою роботи є розробка структури діагностичної системи для контролю поточного стану асинхронних електродвигунів з к.з. ротором у період їх експлуатації з урахуванням сучасних вимог до підвищення надійності електрорухомого складу залізниць

Згідно усередненої статистики експлуатації електровозів з асинхронним тяговим електроприводом на долю відмов асинхронних електродвигунів у різних механізмах приходиться до 45% усіх відмов обладнання залізничного транспорту, що мають катастрофічний характер.

З цього слід, що головною умовою, яка сприяє підвищенню безпечності, надійності та ефективності роботи транспортного обладнання електрорухомого складу залізниць є своєчасне діагностування та встановлення поточного стану асинхронних електродвигунів в період їх експлуатації.

Враховуючи умови та призначення електродвигунів, а також специфіку залізничного транспорту, необхідна система контролю поточного стану, що дозволяє виявляти ступень пошкодження елементів електродвигунів на початкових стадіях їх виникнення. Це дозволяє забезпечити прогнозування періоду їх безвідмовної роботи, запобігання відмовам аварійного характеру та завчасне планування проведення відновлювальних робіт чи налагодження.

До основних елементів двигуна, які потребують контроль стану у період експлуатації двигуна та відносяться до найбільш необхідних з включення у склад діагностичної системи моніторингу, згідно сучасних оглядових досліджень, є: обмотка статора, короткозамкнена обмотка ротора та підшипники [1,2,3].

За даними експлуатаційної статистики [1-5] кількісний аналіз пошкоджень асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором, усереднені результати якого об'єднані у групи з урахуванням найчастіших відмов, наведений на рис 1.

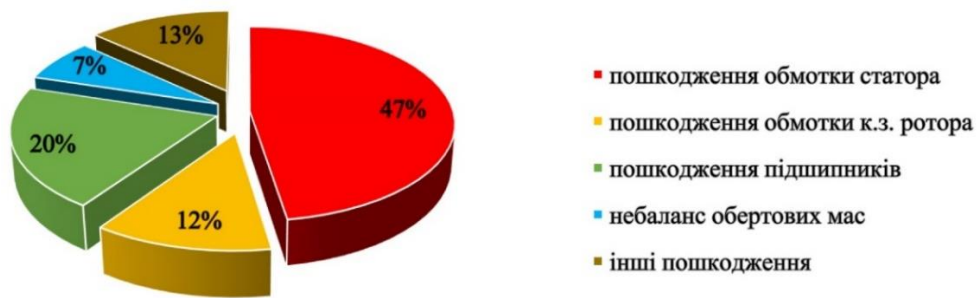


Рис. 1 – Розподіл відмов асинхронного двигуна

Найбільшу частку відмов асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (47%) складають пошкодження обмотки статора. Основною причиною відмов є виникнення міжвиткового замикання у фазі обмотки [4,6]. Міжвиткові замикання відносяться до важкодіагностуємих на ранніх стадіях дефектам, при яких асинхронний двигун продовжує працювати з погіршенням робочих характеристик та енергетичних показників. При цьому цей дефект з часом здатен розвиватися та при досягненні деякої кількості короткозамкнених витків відбувається пробій ізоляції, внаслідок якого електродвигун виходить з ладу.

Частка пошкоджень підшипників складає 20% всіх відмов електродвигуна (рис.1). Враховуючи малий розмір повітряного зазору дефекти підшипників з часом приводять до зачеплення ротора о статор, що приводить к значним наслідкам у стані двигуна.

Ще одним важливим конструкційним елементом асинхронного двигуна, який впливає на надійність роботи двигуна та підлягає моніторингу є обмотка ротора. Пошкодження обмотки ротора, згідно наведеної загальної статистики (див. рис.1), складають 12% відмов двигуна, але для потужних тягових двигунів відмови ротора мають значно більші значення. Пошкодження обмотки ротора мають прояви у виді обриву деяких стрижнів або руйнуванню контакту в стрижнях «білячої клітини» [7].

При створенні вбудованої системи діагностики, яка призначена для контролю поточного стану електродвигуна у реальному часі обрані модулі для контролю пошкоджень, які не призводять до повного виходу з ладу обладнання. Однак, поява таких дефектів сприяє розвитку подальшого руйнування конструкції окремих вузлів та призводить до зниження надійності роботи обладнання, підвищенню енергоспоживання, вібрації та загальному зниженню якості виконуваних функцій. Тому основною метою системи технічного діагностування є організація ефективних процесів визначення технічного стану елементів електродвигунів рухомого складу з визначенням пошкоджених елементів. Крім того, сучасна та ефективна діагностична система повинна дозволяти отримувати інформацію не лише про вихід деяких параметрів

функціонування за встановлені межі, а й диференціювати вид несправності та визначати ступінь пошкодження.

Крім того, існує значна низка інших, виникаючих у процесі експлуатації двигуна, дефектів з невеликими випадками кожного, які в більшості мають прояви у вигляді вібрації без катастрофічних наслідків. Доля таких пошкоджень складає до 11% загальних відмов (рис. 2), але також потребує контролю розвитку та усунення при найближчому технічному обслуговуванні. З цією метою, в діагностичній системі, при встановленні вібраційних сигналів, що не відповідають конкретним пошкодженням та перевищують визначений граничний рівень вібрації двигуна, запропоновано створення збірного блоку – «інші пошкодження».

При створенні бортової діагностичної системи контролю стану електродвигунів рухомого складу залізниць необхідні методи, які забезпечують необхідну точність та інформативність діагностики при роботі під навантаженням у реальному часі та відповідають наступним принциповим вимогам:

При виборі методів для ефективної роботи бортової діагностичної системи контролю стану електродвигунів транспортних засобів у реальному часі необхідно забезпечити відповідність наступним концептуальним основам:

- діагностування проводиться без відключення електродвигуна від мережі живлення;
- діагностування проводиться без від'єднання від виконавчого пристрою;
- у діагностичних методах не використовуються окремі автономні пристрої та механізми;
- забезпечення точності результатів діагностування при неякісній системі живлення та під навантаженням;
- забезпечення необхідної інформативності результатів діагностування для об'єктивного ступеню прогнозування безаварійної роботи;
- при роботі системи діагностики не використовуються окремі зовнішні джерела постійного або змінного струму;
- можливість автоматизації процесу діагностування.

На рис. 2 наведена структурна схема системи діагностики асинхронних електродвигунів з урахуванням розподілу дефектів, що приведені на рис. 1.

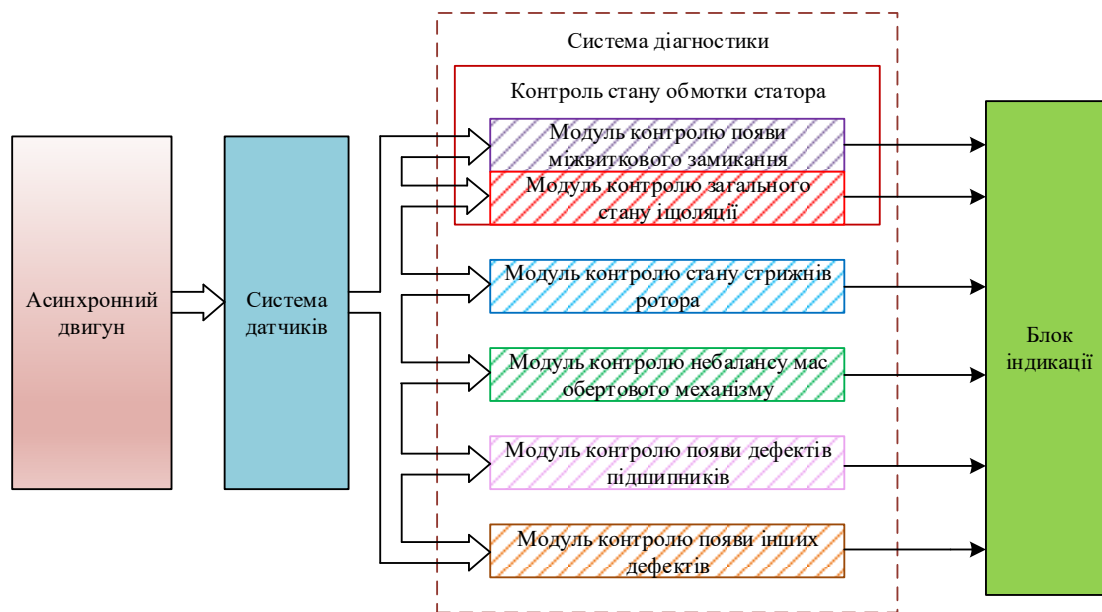


Рис.2 – Структурна схема системи діагностики, вбудованої до складу приводу (авторська розробка)

До складу системи діагностики, вбудованої до складу приводу, входять наступні модулі:

- модуль контролю появи міжвиткового замикання;
- модуль контролю загального стану ізоляції;
- модуль контролю стану стрижнів ротору;
- модуль контролю небалансу мас обертового механізму;
- модуль контролю стану підшипників;
- модуль контролю появи «інших» дефектів.

Кожен з перелічених модулів отримує інформацію про стан контрольованих параметрів від одного, або декількох видів датчиків з блоку датчиків. Визначення виду та ступеню дефекту приводиться за відповідними сучасними методами [4,6,7].

Використання вбудованих системи контролю стану дозволить:

- позбутися «раптових» зупинок аварійного характеру;
- контролювати реальний поточний технічний стан обладнання в період експлуатації;
- не допускати розвиток дефектів, що впливають на погіршення стану суміжних елементів та збільшують витрати на відновлення;
- позбавитися порушення логістики при виконанні запланованих завдань;
- скоротити частоту технічного обслуговування;
- зменшити фінансові та трудові витрати при експлуатації обладнання;
- подовжити міжремонтний період та термін служби устаткування;
- скоротити потребу у запасних частинах, матеріалах та устаткуванні;

- планувати терміни та утримання технічного обслуговування та ремонту;

Реалізація та впровадження запропонованого бортового діагностичного комплексу, вбудованого до складу електроприводу дозволить не тільки знизити відмови електрорухомого складу залізниць аварійного характеру, але й скоротити економічні витрати за рахунок планування термінів проведення технічних оглядів та ремонтів і їх обсягів.

Висновок. У даному дослідженні запропонована концепція та структурна схема бортової системи діагностики асинхронних електродвигунів. Система діагностики асинхронних двигунів включає наступні модулі контролю дефектів електродвигуна: наявність міжвиткового замикання у фазі обмотки статора; пошкодження стану «білячої клітини» обмотки ротору; зниження властивостей ізоляції обмотки; виникнення небалансу мас обертового механізму; пошкодження підшипників та контроль появи «інших дефектів». Запропонована структура діагностичної системи охоплює основні види пошкоджень електродвигуна включаючи профілактичний моніторинг стану ізоляції та загального вібраційного стану електродвигуна. Використання вбудованих діагностичних систем дозволить підвищити надійність та ефективність роботи електромеханічного обладнання рухомого складу залізниць.

Л і т е р а т у р а

1. Gubarevych, O., Goolak, S., Golubieva, S. (2022). Systematization and selection of diagnosing methods for the stator windings insulation of induction motors. *Rev. Roum. Sci. Techn.–Électrotechn. et Énerg.*, 67(4), 445-450, Bucarest.
2. Akbar S, Vaimann T, Asad B, Kallaste A, Sardar MU, Kudelina K. (2023). State-of-the-Art Techniques for Fault Diagnosis in Electrical Machines: Advancements and Future Directions. *Energies*, 16(17):6345. <https://doi.org/10.3390/en16176345>
3. Merizalde, Y., Hernandez-Callejo, L., Duque-Perez, O. (2017). State of the art and trends in the monitoring, detection and diagnosis of failures in electric induction motors. *Energies*, 10(7), p. 1056. Available from: <https://doi.org/10.3390/en10071056>
4. Gubarevych, O., Goolak, S., Melkonova, I., Yurchenko, M. (2022). Structural diagram of the built-in diagnostic system for electric drives of vehicles. *Diagnostyka*, 23(4), 2022406. <https://doi.org/10.29354/diag/156382>
5. Gundewar, S.K., Kane, P.V. (2021). Condition monitoring and fault diagnosis of induction motor. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 9: 643-674. DOI: 10.1007/s42417-020-00253-y
6. Wei, S., Zhang, X., Xu, Y., Fu, Y., Ren, Z. and Li, F. (2020), Extended Park's vector method in early inter-turn short circuit fault detection for the stator windings of offshore wind doubly-fed induction generators. *IET Gener. Transm. Distrib.*, 14: 3905-3912. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2020.0127>
7. Gubarevych, O., Gerlici, J., Kravchenko, O., Melkonova, I., Melnyk, O. (2023). Use of Park's Vector Method for Monitoring the Rotor Condition of an Induction Motor as a Part of the Built-In Diagnostic System of Electric Drives of Transport. *Energies*, 16(13), 5109. <https://doi.org/10.3390/en16135109>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ НА НАПРЯМКАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ

*Гуйван В.С. – магістр, vladguyvan894@gmail.com
Київський інститут залізничного транспорту
Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м.Київ*

RESEARCH OF RAILWAY CAPACITY INCREASE

*Huivan V.S. – master's degree, vladguyvan894@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *This article examines the prospects for increasing the carrying capacity of Ukrainian railways. The analysis was carried out and the ways and methods of implementing the modernization of the railway in order to increase the efficiency of transportation work were determined. The technical rationale for the need to increase throughput has been determined. Factors affecting the increase in bandwidth are given. It was studied how the mass and length of the train affects the railway capacity. At the end of the work, conclusions were drawn on this topic.*

Keywords: *transport capacity, railway transport, throughput capacity, freight flow, technical means, volumes of transport.*

Актуальність дослідження зумовлена збільшенням пропускної спроможності на напрямках залізничної мережі за рахунок проведення аналізу та дослідження факторів, які впливають на неї.

Враховуючи експортний потенціал України на ринку міжнародних транспортних послуг, український залізничний транспорт має піднятися на вищий рівень перевезень пасажирів і вантажів, наблизившись до міжнародних транспортних стандартів та показників енергетичної та екологічної ефективності транспорту.

Річна провізна здатність залізниці України сягає 100 млн. т вантажу, а тогоріч було перевезено 51 млн. т – лише 50%. З цього слідує, що транспортна мережа України має свої резерви потужності. Одночасно зменшилась пропускна спроможність окремих основних ділянок транспортних магістралей. Це означає нерівномірне використання пропускної здатності залізничної мережі. Завдання забезпечення розумного вантажопотоку є складним і непростим завданням, вирішення якого зіткнеться зі значними труднощами, пов'язаними з багатьма питаннями, насамперед із забезпеченням необхідної транспортно-пропускної здатності залізниць.

Метою роботи є обґрунтування необхідності підвищення пропускної та провізної спроможності залізниці України.

Фактори, що впливають на рівень використання пропускної спроможності. Загальновідомо, що на пропускну спроможність залізничних ліній впливає багато факторів, таких як: кількість магістральних ліній, спосіб сполучення на залізничній лінії, тип і потужність залізничного транспорту, способи організації руху поїздів, структура руху поїздів на лінії, швидкість руху поїздів, інтервали між поїздами, величина вікна, відведеного для ремонту колії, характеристика площини і контуру різних ділянок залізничної колії, коефіцієнти роботи різних типів поїздів, стан розвитку колії кожної гілки лінії, тип розкладу руху тощо.

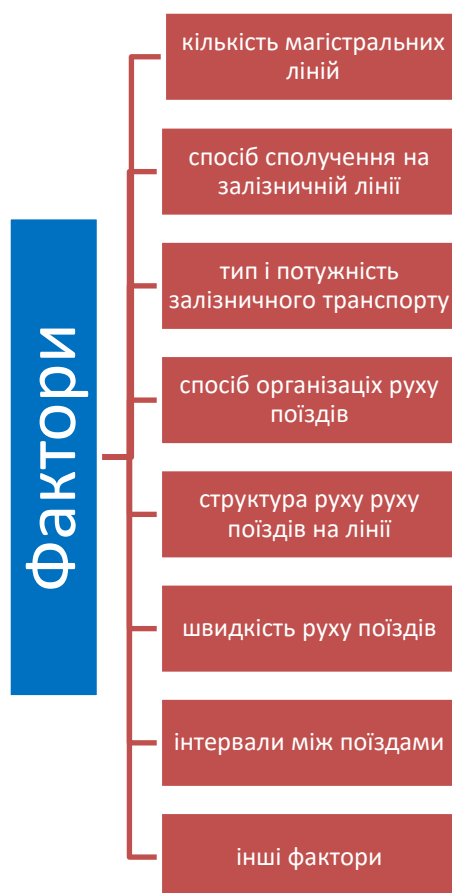


Рисунок 1 – Фактори, що впливають на підвищення пропускної спроможності

Вплив маси і довжини поїзда на провізну здатність залізничної лінії. Розглянемо, як маса і довжина поїзда впливають на провізну здатність залізничної лінії. За більш ніж сторіччя розвитку залізниць України ми спостерігаємо динаміку зростання маси поїздів: за останні 100 років середня маса поїздів зросла з 500 тонн до 3500 тонн. Очевидно, що відбувалось збільшення маси з розвитком тяги локомотивів, які поступово ставали потужнішими. Відповідно зросло і навантаження на вісь вагонів, досягнувши межі 25 тон/вісь. Збільшення маси поїзда майже напевно призведе до збільшення довжини поїзда.

Тому для покращення пропускної здатності залізничної лінії збільшення якості та довжини поїздів є обов'язковою умовою. Дослідивши головні напрямки залізничних перевезень ми побачили [1-4], що на деяких ділянках при підвищенні обсягу перевезень до 4500 тон потрібні локомотиви-штовхачі або подійна тяга. Водночас зростають і витрати ресурсів на курсування поїздів.

Загалом, збільшення маси поїзду на цих лініях може збільшити пропускну спроможність лінії в середньому на 10-30%. Але варто враховувати деякі обмеження: збільшення маси поїзда майже напевно призведе до збільшення довжини поїзда. При обмеженій довжині поїзда і стандартній довжині колії туди-назад 850 м маса поїзда не може бути збільшена, оскільки середнє статичне навантаження на вагон знаходиться в межах 65-75 т. /ваг. дозволяє приймати поїзди масою 3700-4300 т. Тому питання збільшення маси поїздів тісно пов'язане з аналізом довжини існуючих приймально-відправних колій на головному напрямку поїздів Укрзалізниці. Крім того, на певних ділянках дороги потужність локомотива використовується максимально, що може спричинити додаткові проблеми, враховуючи вік локомотива та його зношеність.

Для посилення пропускної спроможності території в основному вживаються такі заходи:

- Використовувати спеціальні види планування (часткові партії, партії);
- Відкриття нових пунктів відведення;
- Розширення станційних колій;
- Перехід на більш просунуті методи зв'язку (автоблокування, централізація планування тощо);
- Дворейкові вставні пристрої на однорейкових лініях;
- Організація безперебійного руху поїздів на одноколійних лініях;
- Будівництво другої колії.

Для одноколійних ділянок може знадобитися підвищена вантажопідйомність. По-перше, необхідно приймати заходи, які не вимагають великих капіталовкладень. Це перехід до відкриття виходів у вибраних пакетах, розкладах пакетів або обмеженій грі.

При використанні часткового пакетного планування вам потрібно знайти швидкість пакетів, яка відповідає вказаному розміру переміщення. Рекомендується упаковувати та відправляти два потяги. Тоді:

$$a_{\text{пак}} = \frac{1440K_{\text{пак}} - N_{\text{п}}T_{\text{пер}}^{\text{об}}K_{\text{пак}}}{N_{\text{п}}[(I' + I'') - T_{\text{пер}}^{\text{об}}]} \quad (1)$$

де $K_{\text{пак}}$ – к-ть поїздів у пакеті;

I', I'' – інтервали в пакеті між поїздами відповідно парному та в непарному напрямках, хв.

Коефіцієнт $\alpha_{\text{пак}}$ вказує кількість потягів, які треба вмістити в пакет. Отже, фінальний результат залишають у вигляді дробової частини, де після скорочення знаменником має бути число N_n . Тоді чисельник визначить мінімальну кількість поїздів, які потрібно помістити в мішок. Після цього була розроблена схема укладання поїздів на крайніх перегонах, яка відповідала заданому $\alpha_{\text{пак}}$. Його використовуватимуть при розробці розкладу руху поїздів.

Коли хаб відкривається на обмеженій ділянці дороги, пропускна спроможність цієї ділянки дороги буде обмежена максимальною кількістю годин роботи іншої ділянки дороги. Тому необхідно визначити його доступну пропускну здатність і порівняти її з необхідною пропускну здатністю. Якщо умови не виконуються, інші гонки також повинні стартувати.

Висновки. В результаті дослідження з'ясували, що для підвищення провізної здатності залізничної лінії необхідною вимогою є підвищення довжини та маси потягів. Виходячи з досліджень головних напрямів залізничних перевезень, на певних ділянках при збільшенні маси до 4500 тон є необхідність застосування двійної тяги або пілштовхуючих локомотивів. Досліджено, що при насиченні пропускну здатності відбувається різке зменшення середньої швидкості руху, а досягнувши стану перенасичення будь-яке збільшення інтенсивності вхідного потоку зменшує розміри вихідного потоку.

На пропускну спроможність залізничних ліній впливає багато факторів, які залежать від параметрів залізничних ліній та руху поїздів на станції. Охарактеризувати їх неможливо встановивши цей зв'язок за допомогою аналітичних методів, тому при вивченні факторів, що впливають на рівень використання пропускну здатності, слід використовувати імітаційні та енергетичні моделі залізничних ліній і станцій.

Основним шляхом збільшення пропускну здатності та провізної спроможності залізничної лінії є збільшення маси та довжини поїздів. Але це важке і складне завдання, і вирішення проблеми вимагає врахування обмежень корисної довжини станційної колії, обмежень локомотивної тяги та можливого зниження швидкості місцевих поїздів, серед багатьох інших додаткових факторів.

Виявлено, що при насиченні спроможності середня швидкість руху різко зменшується, а при досягненні стану насичення будь-яке збільшення інтенсивності вхідного потоку призведе до зменшення розміру вихідного потоку. Коли змодельований поїзд проходить, рівень використання вантажопідйомності двоколіїної ділянки може бути досягнутий лише на рівні 0,85. Із подальшим збільшенням кількості поїздів у цьому напрямку витрати, пов'язані з пропуском

поїздів, перевищують витрати на пропуск цих поїздів в інших паралельних напрямках.

Л і т е р а т у р а

1. Музикіна, Г. І., Болвановська Т. В., Мазуренко О. О. Визначення заходів, необхідних для підвищення провізної спроможності залізниць України [Текст]. Вісник ДНУЗТ. 2008. Вип. 26. С. 23–27.
2. Козаченко Д. М., Мозолевич Г. Я. Дослідження параметрів потоків поїздів на залізничних напрямках [Текст]. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2010. № 3/5 (45). С. 17–21.
3. Козаченко Д. М., Мозолевич Г. Я., Мазуренко О. О. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках [Текст]. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2011. № 2/3 (50). С. 40–45.
4. Мозолевич Г. Я., Чибісов Ю. В. Дослідження поїздопотоків Дніпроперовського залізничного вузла [Текст]. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: ХПІ, 2011. Вип. 9. С. 72–78.

ПРОЕКТУВАННЯ ПУНКТУ ЕКІПРУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Дементєєв К.О. – здобувач вищої освіти, dementeev_ko@gsuite.duit.edu.ua

Горобченко О.М. – д.т.н., проф., gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

LOCOMOTIVE EQUIPMENT POINT DESIGN

Dementeev K.O. – student, dementeev_ko@gsuite.duit.edu.ua

Gorobchenko O.M. – Doctor of Tech.l Sciences, Prof.,

gorobchenko_om@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *Equipping locomotives is an important process for maintaining rolling stock in working condition. Improving the quality of outfitting and maintenance of locomotives at outfitting points will reduce the cost of transportation in the locomotive industry. The purpose of the work consists in the development of the production body of the equipment, the determination of the equipment of the equipment positions in two ways. Special attention is paid to increasing the efficiency of outfitting operations by designing the location of outfitting devices on the receiving and dispatching tracks. Measures to improve the efficiency of equipment operations by improving technological processes and introducing new equipment are proposed. As a measure that increases the efficiency of the operation of locomotives, it is proposed to organize an equipment point on the receiving-departing tracks.*

Keywords: *diesel locomotive, equipment position, repair system, modernization*

Актуальність дослідження. Підвищення ефективності експлуатації локомотивів пов'язане з зменшенням часу та витрат на проведення технічного обслуговування і ремонтних операцій. Екіпірування локомотивів є важливий процес з підтримання рухомого складу в робочому стані. Підвищення якості екіпірування та обслуговування локомотивів на екіпірувальних пунктах дозволить знизити собівартість перевезень в локомотивному господарстві.

Мета роботи полягає у розробці виробничого корпусу екіпіровки, визначення обладнання екіпірувальних позицій на два шляхи. Особливу увагу приділено підвищенню ефективності екіпірувальних операцій шляхом проектування розташування екіпірувальних пристроїв на приймально-відправних коліях.

Комплекс операцій з постачання локомотивів дизельним паливом, мастилом, піском, водою, обтиральними матеріалами, а також огляду і очищення деталей називають екіпіровкою локомотива, а пристрої, що забезпечують їх виконання, — екіпіровочними пристроями [1].

При роботі тепловозів і електровозів по кільцю без відпочинку бригад в оборотних депо екіпіровку локомотивів найбільш доцільно проводити на приймально-відправних коліях станції основного депо за час про-стоячи складу під технічними операціями [2]. У цьому випадку локомотив в оборотному депо не заходить на тягову територію для екіпіровки, час витрачається тільки на переїзд його з парку прибуття в парк відправлення, а також на огляд і очі-кування поїзда [3, 4].

При роботі тепловозів і електровозів на довгих тягових плечах зі змін-ними бригадами екіпіровку їх також доцільно здійснювати на приймально-відправних коліях основного депо або в пункті обороту без заходу на тягову територію. У тих випадках, коли локомотиви працюють на довгих тягових плечах з простоем з відпочинку бригад в одному з оборот-них депо, екіпірування виконується в цьому депо під час відпочинку локомотив-них бригад. Локомотиви, що виходять з профілактичного огляду або ремонту, екіпіруються на тяговій території депо.

При розміщенні екіпірувальних пристроїв на території депо або на приймально-відправних коліях станції необхідно, щоб за безпечне виробництво робіт забезпечувалися мінімальні простоя локомотивів під екіпіровочними операціями, а це можливо тільки при максимальному поєднанні і механізації екіпірувальних операцій, а також найбільш доцільної їх поточності.

Механізована очистка локомотива з обдуванням тягових електродвигунів, допоміжних машин і електроапаратури зазвичай виокремлюються в самостійну екіпіровочну операцію і виконується в основних депо перед постановкою локомотивів на профілактичні огляди і ремонти.

У тих випадках, коли при переведенні ділянки на нові види тяги пристосовуються існуючі екіпірувальні пристрої для обслуговування тепловозів та електровозів, може бути допущений набір піску окремо від постачання дизельним паливом, мастилом і водою як за часом, так і за місцем з пересуванням локомотива. У цьому випадку огляд тепловоза бажано поєднувати з на-бором дизельного палива, масел і води, а огляд електровоза — з набором мастильних матеріалів. Підвищення якості піскопостачання пропонується досягти шляхом поліпшеного аналізу піску на вміст вологи, підвищення якості сушки, покращення умов подачі піску до сушильного барабану за допомогою тарільчатого живильника і стрічкового транспортера.

Проаналізовано існуючі схеми піскоподачі на локомотив і запропоновано обладнання для його реалізації. На підставі існуючих рішень проведено проектування складу сухого піску.

Висновок. Запропоновано заходи підвищення ефективності екіпірувальних операцій шляхом вдосконалення технологічних процесів та впровадження нового обладнання. Як заходи, що підвищує ефективність експлуатації локомотивів, за-пропоновано організувати екіпірувальний пункт на приймально-відправних коліях.

Л і т е р а т у р а

1. Правила технічної експлуатації залізниць України (2003). К.: Міністерство транспорту України. 133 с.
2. Бабанін О. Б., Жалкін С. Г. (2018) Організація та технологія екіпірування локомотивів: Конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ. 42 с.
3. Train Equipment. Доступний з <http://www.railway-technical.com/trains/rolling-stock-index-l/train-equipment/>. 10.10.2023.
4. Auxiliary Machines and Equipments in Electric Locomotives. Доступний з <https://irfca.org/docs/ac-auxiliaries.html>. 15.10.2023.

МОДИФІКАТОРИ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДОРІГ

Демидова Н.М. – магістр, demidova_nm@gsuite.duit.edu.ua
Сизон А.П. – магістр, suzon_ap@gsuite.duit.edu.ua
Дорошенко О.Ю. – к.т.н., доц., doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

MODIFIERS OF CEMENT CONCRETE ROAD SURFACES

Demydova N.M. – Master's degree, demidova_nm@gsuite.duit.edu.ua
Season A.P. – Master's degree, suzon_ap@gsuite.duit.edu.ua
Doroshenko O.Yu. – Ph. D., Associate Professor, doroshenko_oy@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article considers the properties of cement concrete coating with effective hydrophobic additives. It was established that the addition of ADE-3 increases frost resistance by 20%; waterproofness – 3 times, impact strength – by 30%, abrasion resistance – by 58%. Crack resistance also increases (R_{0m} by 20...30%; R_{vm} by 12...40%). Increasing the upper limit of crack formation allows predicting high endurance and durability of cement concrete road surface under the action of repeatedly applied loads of different magnitudes and signs.*

Keywords: *cement concrete coating, modifiers, properties.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що існує необхідність пошуку і досліджень таких добавок для бетонного покриття доріг, котрі не знижують його фізико-механічні властивості; підвищують стійкість проти агресивного впливу розчинів хлористих солей, а також морозу, висихання і зволоження. Дослідження, котрі виконані в останні роки науководослідними інститутами, показують, що гідрофобні добавки достатньо ефективні, дозволяють суттєво підвищити водостійкість і водонепроникність, морозостійкість і корозійну стійкість бетону при багаторазовому заморожуванні і відтаванні в агресивних розчинах без пониження фізико-механічних властивостей.

До таких добавок в сучасному дорожньому будівництві можна віднести органополісілоксани, поліетілгідроксілоксани, гексагідроксидісілоксани, метилгідрогенполісілоксани, діалкілполісілоксани, поліалкоксилілоксани, поліалкілсілоксани, вінілалкоксиліани, метилвінілтріетоксидісілани, тетраоксидіетилендіаміни, етілсілікати [1, 2, 3].

Найбільш широке застосування в дорожньому будівництві знайшли добавки полігідроксілоксанового типу (ГКЖ-94 і його модифікація).

Кількість коливається в дуже широких межах: від 0,01...1% до 1...5%, що вимагає уточнення їх оптимальної кількості. Пояснення механізму дії гідрофобних добавок на процеси гідратації і структуроутворення цементного каменю також відрізняються. До загальних недоліків гідрофобізаторів відносять їх порівняно високу вартість, дефіцитність для будівельної індустрії України.

Метою роботи є розроблення, дослідження і виробнича перевірка двох видів кремнійорганічних з'єднань, різних за природою дії.

1. Поліетілгідросілоксан ГКЖ-94 (газоутворююча).

2. Алкілсіліконат натрію АДЕ-3 (диетиламинометилтриетоксисилан) (газоутворююча і повітровтягуюча).

Перша добавка широко відома, тоді як друга – АДЕ-3 лише недавно була використана для модифікації в'язучих, а як модифікатор цементобетону дорожніх покриттів досліджена вперше [4].

АДЕ-3 представляє прозору маслянисту рідину від безбарвного до жовтуватого кольору, є побічним продуктом виробництва компонентів деяких полімерних смол на Запорізькому заводі «Кремнійполімер».

З наведених у табл. 1 результатів бачимо, що міцність при стиску ($R_{ст}$) і осьовому розтягу (R_p) підвищується після 28 діб нормального твердіння на 11%...15%, а модуль пружності і усадка зменшується на 3%...10%, що дозволить прогнозувати підвищену тріщиностійкість цементобетонного покриття. Поряд з основними показниками визначались співвідношення цих характеристик, які дозволяють зробити висновки щодо якості структури бетону. Такими показниками є: співвідношення $R_{ст}/R_{o.p.}$; коефіцієнт призматичної міцності КПМ ($K_{ПМ} = K_{np}/R_{ст.куб}$); показники умовної розтяжності $R_{p.32}/E_{0,5} R_{np}$ і $R_{p.32}/R_{ст.куб}$. Зразки випробовувалися через 28 діб нормального твердіння (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив гідрофобних добавок на міцність і деформативні властивості цементного бетону

Назва показника	Час твердіння, діб	Еталон	ГКЖ – 94 (0,1%)	АДЕ – 3 (0,1%)
1	2	3	4	5
Міцність на стиск $R_{ст}$ (МПа)	7	30,00	32,20	38,60
	14	36,90	38,40	49,60
	28	40,00	42,00	50,30
	90	46,70	49,70	59,90
	180	49,10	51,50	54,70
Міцність на розтяг при згині R_{32} (МПа)	7	3,10	3,42	3,49
	14	3,63	4,05	4,10
	28	4,55	4,90	4,98
	90	5,14	5,62	5,98
	180	5,68	6,10	6,25

Міцність на осьовий розтяг $R_{o.p.}$ (МПа)	7	2,00	2,91	2,92
	14	2,60	2,80	2,89
	28	2,81	3,02	3,14
	90	3,29	3,86	3,88
	180	3,45	3,93	3,98
Міцність на стиск призм R_{np} (МПа)	7	22,90	23,10	23,20
	14	26,40	28,90	29,10
	28	30,00	32,00	32,60
	90	33,80	35,80	36,80
	180	35,50	37,60	37,80
Деформації при стиску $\varepsilon_{ст} \cdot 10^{-4}$	7	13,20	14,40	14,50
	14	14,00	15,30	15,20
	28	14,00	16,40	16,60
	90	16,00	18,10	18,20
	180	18,10	20,50	20,40
Деформації при розтягу $\varepsilon_p \cdot 10^{-4}$	7	12,30	13,70	13,80
	14	12,60	14,20	14,60
	28	13,00	14,70	14,90
	90	13,40	15,40	15,80
	180	13,90	16,60	16,80
Модуль пружності $E \cdot 10^{-4}$ МПа	7	3,31	3,23	3,21
	14	3,36	3,28	3,27
	28	3,43	3,36	3,34
	90	3,77	3,62	3,60
	180	4,10	3,76	3,72
Деформації усадки $\varepsilon_y \cdot 10^{-4}$	7	6,70	6,00	6,00
	14	10,00	9,10	9,00
	28	17,50	16,20	16,00
	90	30,00	28,20	28,20
	180	34,00	31,60	31,60

Таблиця 2 – Показники якості цементного бетону з гідрофобними добавками

Назва показників	Еталон	ГКЖ - 94	АДЕ - 3
$R_{cm}/R_{o.p.}$	14,23/100	13,90/98	13,47/95
$R_{np}/R_{сг.куб}$	0,450/100	0,762/102	0,771/103
$R_{p.32}/R_{сг.куб}$	0,114/100	0,117/103	0,118/104
$R_{p.32}/E_{0,5} R_{np}$	1,326/100	1,458/109	1,491/112

Гідрофобні добавки дозволяють частково перерозподілити концентрацію напружень не тільки в процесі структуроутворення бетону, але і під час його навантаження, що добре підтверджується даними міцності цементного бетону на стиск і осьовий розтяг при згині, що дозволяє прогнозувати підвищене зчеплення розчину з заповнювачем, арматурою і старим бетоном.

У зв'язку з тим, що цементобетонні покриття доріг твердіють у природних умовах, були проведені дослідження механічних властивостей цементного розчину, який твердів в умовах відносної вологості 65...70% і $t = 20^{\circ} \text{C}$. Фіксувалася усадка призм, час утворення тріщин кільцевим методом, випробовувалися зразки-вісімки на осьовий розтяг.

З результатів досліджень видно, що без добавок тріщиноутворення почалося через 5 годин, з добавками 0,1% ГКЖ-94 – через 30 годин, з добавкою 0,1% АДЕ-3 - через 82 години. Дані по випробуванню деформативності бетону при осьовому розтягу показують, що підвищення однорідності бетону і зниження дефектності кристалоутворення і контактів їх зрощування за рахунок застосування гідрофобних добавок веде до значного підвищення деформативності при осьовому розтязі на 20% при незначному підвищенні міцності на стиск.

Завдяки зміні характеру структури і розподілу пор вдалося підвищити щільність і однорідність, розтяжність і міцність на осьовий розтяг, зменшити усадку, яка обумовлює підвищення тріщиностійкості та довговічності цементобетону покриття доріг гідрофобними добавками. Межі внутрішнього мікротріщиноутворення в бетоні без добавок і з гідрофобними добавками в процесі навантаження зразків визначалися за методикою О.Я. Берга (показники меж мікроруйнування і меж мікротріщиноутворення).

Одним із шляхів визначення цих показників є метод ультразвукових вимірювань. Розвиток мікроруйнувань в структурі бетону приводить до зниження швидкості ультразвукових коливань, які розширюються поперек лінії дії стискаючого напруження. Таким чином, навантаження R_t відповідає початку зменшення швидкості ультразвуку, і візуально фіксуються появою мікротріщин на поверхні зразка.

Висновки. Таким чином, проведеними дослідями встановлена висока ефективність застосування гідрофобізаторів в технології дорожнього будівництва, зростання фізико-механічних властивостей, довговічності і тріщиностійкості цементобетонного покриття доріг.

Л і т е р а т у р а

1. Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М., Ефективні добавки – модифікатори для бетонів при будівництві транспортних споруд Збірник наукових праць ДЕТУТ Серія «Транспортні системи і технології». Випуск 28. 2016р. С. 13-23.
2. Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М. Вплив комплексної добавки на властивості бетону транспортних споруд Збірник наукових праць ДЕТУТ Серія «Транспортні системи і технології». Випуск 29. 2016р. С. 13-23.
3. Рогожин А. Ф. «Економіка будівельних організацій» К. Видавничий дім «Скарби», 2001, 448с.
4. A. Dorigato, A. Pegoretti: Flexural and impact behaviour of carbon/basalt fibers hybrid laminates, Journal of Composite Materials 48, 2014. № 9, P. 1121-1130.

ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ДИНАМІКИ ВХІДНОГО ВАГОНОПОТОКУ

Дженчако В.Г. – доцент, к.т.н., vadim.sok777@gmail.com

Маслак Г.В. – доцент, к.т.н., avmaslak81@gmail.com

Дженчако А.В. – магістрант, a43557406@gmail.com

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Україна, м. Дніпро

EVALUATION OF THE OPERATIONAL INDICATORS OF THE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT AND TRUCK COMPLEX UNDER THE CONDITIONS OF THE DYNAMICS OF THE INCOMING VEHICLE FLOW

Dzhenchako V.G. – Candidate of technical sciences, Docent,

vadim.sok777@gmail.com

Maslak G.V. – Candidate of technical sciences, Docent, avmaslak81@gmail.com

Dzhenchako A.V. – graduate student, a43557406@gmail.com

Pryazovsky State Technical University

Ukraine, Dnipro

Abstract. *The work is devoted to the solution of the scientific and technical problem of evaluating the operational indicators of the functioning of the transport and cargo complex of the agglomeration factory in the conditions of a changing environment. In the work, the level of interaction of the links of the flow process of cargo processing of the transport-cargo complex of the agglomeration factory of the base enterprise was evaluated. During the research, it was established that with the rhythmic work of the agglomeration factory and the uniform arrival of route trains with raw materials at the station, the interaction with the wagon transfer takes place in a normal mode, while the wagons are empty of the external network is close to the standard. With the complication of working conditions, especially in the period of negative temperatures when the agglomeration factory rejects raw materials, the interaction of the cargo station, the unloading complex and the defrosting garages is significantly disrupted.*

Keywords: *cargo station, defrosting garages, unloading complex, transport and cargo complex of agglomeration factory, bulk raw materials, receiving-departing park.*

Актуальність дослідження. Транспортно-вантажні комплекси агломераційних фабрик здійснюють прийом, вивантаження вагонів з масовою сировиною, подачу її на склади для усереднення, оперативного зберігання та забору у виробництво [1].

В умовах динаміки вхідного поїздопотoku при щодобовому прийомі від 5 – 7 до 12 – 14 маршрутних поїздів з сировиною спостерігаються значні коливання часу їх прибуття. Коливання інтервалів прибуття поїздів становить від 0,5 – 1,0 до 5,0 – 8,0 годин. Тобто, процес переробки вхідного поїздопотoku на вантажній

станції характеризується імовірнісним характером, отже, і чітка взаємодія вантажної станції та розвантажувального комплексу також носитиме нестабільний характер [2]. У цій ситуації збільшуються простої маршрутних поїздів з сировиною в очікуванні вивантаження, а також завантаження колій приймально-відправного парку, що призводить до зростання обсягу станційної роботи з обслуговування розвантажувального комплексу та обмеження можливості виконання вантажною станцією інших її функцій.

В зв'язку з цим оцінка експлуатаційних показників функціонування транспортно-вантажних комплексів агломераційних фабрик в умовах змінного середовища є важливим та актуальним завданням для подальшого моделювання станційних поточкових процесів при підвищенні ефективності їх взаємодії.

Метою дослідження є оцінка експлуатаційних показників функціонування транспортно-вантажного комплексу в умовах динаміки вхідного вагонопотоку для формування ефективної поточної лінії вивантаження масової сировини.

Методи дослідження. В процесі досліджень використано метод аналізу і синтезу для дослідження питання та наукових публікацій щодо стану та шляхів оптимізації функціонування транспортно-вантажного комплексу агломераційної фабрики в умовах змінного середовища.

Виклад основного матеріалу. Важливу роль в організації роботи вантажної станції має приймально-відправний парк, на який припадає виконання основної частини операцій з навантаженими вагонами зовнішнього парку: прийом і розформування поїздів, добірка подач вагонів на вагоноперекидачі і в гаражі розморожування, технічні операції та ін. Транспортні потоки, які прибувають з зовнішньої мережі на вантажну станцію, носять нерівномірний характер. Аналіз вхідного поїздопотоку вказує на великий розкид інтервалів прибуття поїздів (від 1 – 2 до 20 – 24 годин), що в значній мірі ускладнює роботу всього розвантажувального комплексу і в підсумку трансформується в транспортний простій [3].

Вантажна ланка технологічної лінії з прийому, переробки та вивантаження маршрутних поїздів з сировиною має детерміновану величину переробної спроможності, виходи якої однозначно залежать від входів. Вона прийнята у межах показників нерівномірності перевезень (на момент проектування агломераційних фабрик). За її величиною встановлено проектну технологію поточної переробки вагонопотоку транспортно-вантажних комплексів агломераційних фабрик. Слід зазначити, що технічних резервів переробної спроможності вантажної ланки поточної лінії не передбачено. Основою транспортно-вантажних комплексів агломераційних фабрик відповідно до проекту є поточковий процес з прийому, переробки та вивантаження вагонів із сировиною для агломераційного виробництва. Він включає дві ланки:

транспортну (спеціалізовані колії приймально-відправного парку станції) та вантажну (розвантажувальний комплекс) [4]. Схема потокової лінії з переробки вагонопотоку та її розміщення у межах комплексу наведено на рисунку 1.

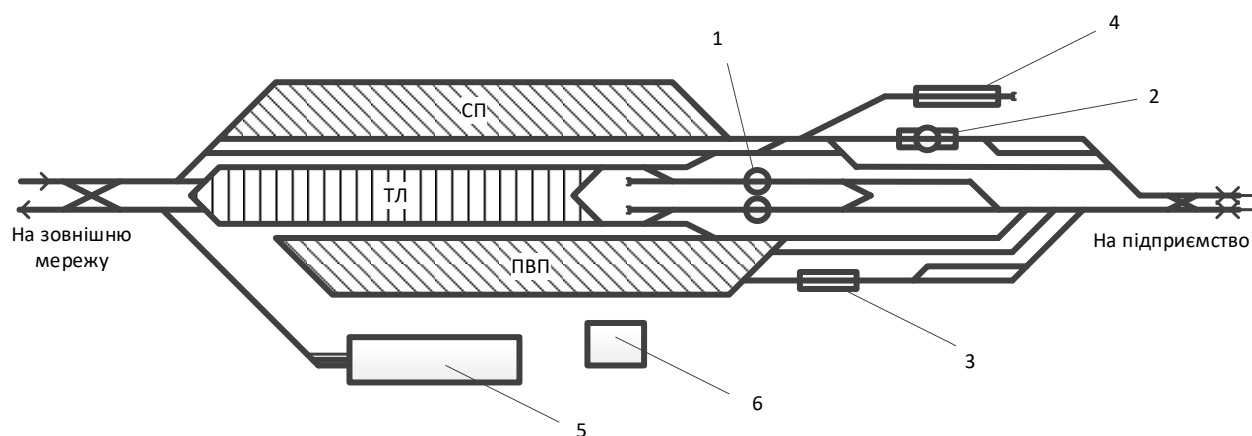


Рисунок 1 – Схема вантажної станції транспортно-вантажного комплексу агломераційної фабрики: ТЛ – технологічна лінія прийому та розвантаження маршрутних поїздів; ПВП – приймально-відправний парк; СП – сортувальний парк;

1 – роторний стаціонарний вагоноперекидач; 2 – роторний пересувний вагоноперекидач; 3 – баштовий вагоноперекидач; 4 – розвантажувальна естакада; 5 – гаражі розморожування; 6 – станційна будівля.

В сприятливих умовах, в теплу пору року, при ритмічній роботі агломераційної фабрики і рівномірному прибутті маршрутних поїздів з сировиною на станцію, взаємодія з вагоноперекидачами відбувається в нормальному режимі і простій вагонів близький до нормативного. З ускладненням умов роботи, особливо у період негативних температур при відмовах агломераційної фабрики від сировини, взаємодія вантажної станції, розвантажувального комплексу та гаражів розморожування істотно порушується. При цьому завантаження горловин в ці періоди збільшується з 0,65 - 0,70 до 0,85 - 0,95, а тривалість заняття колій приймально-відправного парку з 650 - 750 хв до 1200 - 1400 хв на добу. Простій вагонів у вказаних умовах змінного середовища і особливо при збільшенні вагонопотоку прибуття досягає максимальних значень [5]. На основі проведеного аналізу використання роторних вагоноперекидачів за часом можна зробити наступні висновки:

- технічний стан вагоноперекидачів (коефіцієнт готовності 0,73 – 0,81), як провідної ланки транспортно-вантажних комплексів агломераційних фабрик, характеризується досить високим рівнем технічної готовності оскільки забезпечує переробку існуючого вагонопотоку та його збільшенню у перспективі та відповідає виробничим вимогам;

- суттєвий вплив на роботу транспортно-вантажних комплексів надає нерівномірне відвантаження сировини. Так, прості станції та

вагоноперекидачів, пов'язані із затримками прибуття вантажу становлять 11-14 % облікового часу. Добові втрати становлять у середньому 212 хв.;

- робота вагоноперекидачів (за винятком баштового) характеризується досить високою надійністю. Простій за несправностями роторних стаціонарних вагоноперекидачів, які здійснюють розвантаження основного обсягу залізничної сировини, не перевищує 4 % врахованого часу;

- значно меншою мірою виробничим вимогам відповідає оперативна технічна готовність передавальних конвеєрів. Простій вагоноперекидачів, пов'язаний з аварійним ремонтом стрічкових конвеєрів становить 11 - 13% загального часу. Слід зазначити, що виникнення несправностей, що розглядаються, носить регулярний характер, а добовий час на усунення несправностей становить у середньому 145 хв, хоча спостерігаються випадки з втратами до 400-600 хвилин добового часу;

- простої вагоноперекидачів через відмову агломераційної фабрики від вивантаження сировини, становить 1-9 % облікового часу. Слід зазначити, що цей простій має обмежений період дії (8 – 9 днів). Середні значення добових втрат часу становить 122 хв, а локальні періоди – зростають до 480 хв. Практично відмови агломераційної фабрики означають суттєве ускладнення роботи та необхідність зміни оперативних планів роботи транспортно-вантажних комплексів агломераційних фабрик [7, 8].

Висновки. 1. У роботі проведена оцінка рівня взаємодії ланок потокового процесу вантажопереробки транспортно-вантажного комплексу базового підприємства.

2. Встановлено, що при ритмічній роботі агломераційної фабрики і рівномірному прибутті маршрутних поїздів з сировиною на станцію, взаємодія з вагоноперекидачами відбувається в нормальному режимі при цьому простій вагонів зовнішньої мережі близький до нормативного. З ускладненням умов роботи, особливо у період негативних температур при відмовах агломераційної фабрики від сировини, взаємодія вантажної станції, розвантажувального комплексу та гаражів розморожування істотно порушується. При цьому завантаження горловин в ці періоди збільшується з 0,65 - 0,70 до 0,85 - 0,95, а тривалість заняття колій приймально-відправного парку з 650 - 750 хв до 1200 - 1400 хв на добу. Простій вагонів в умовах змінного середовища і особливо при збільшенні вагонопотоку прибуття досягає максимальних значень.

3. На основі оцінки експлуатаційних показників функціонування розвантажувального комплексу агломераційної фабрики встановлено, що коефіцієнт оперативної готовності вагоноперекидачів складає 0,73 – 0,81 і знаходиться на досить високому рівні, а коефіцієнт використання вагоноперекидачів за часом є дуже низьким - 0,43 - 0,47.

4. Оцінка експлуатаційних показників функціонування транспортно-вантажного комплексу агломераційної фабрики як системотехнічного комплексу на мікрорівні дозволила оцінити його основні функції та створила передумови для моделювання роботи комплексу на мікрорівні в умовах змінного середовища (динаміки вагонопотоку).

Л і т е р а т у р а

1. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. 2019. № 21. С. 224-237. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/24835>.

2. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115)), 32-41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251300>; <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/251300>.

3. Маслак Г. В. Розробка методу логістичного управління процесом матеріалоруку при взаємодії виробництва і транспорту в металургійних переділах / Г. В. Маслак, В. Е. Парунакян // Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи і технології». Дніпро: Вид-во Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2020. Вип. 19. С. 68 -765.

4. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. 2021. № 24. С. 272- 284.

5. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г. Дженчако // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». Вип. 22. 2021. С. 21 -27. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247879>.

6. Дженчако В.Г. Ідентифікація функцій транспортно-вантажного комплексу промислового підприємства / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак // Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи і технології». Дніпро: Вид-во Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2022. Вип. 24. с.21 - 27.

7. Дженчако В.Г. Функціональний аналіз роботи розвантажувального комплексу транспортної системи металургійного підприємства / В.Г. Дженчако, Г.В. Маслак, О.С. Завгородній // Наука і виробництво: Зб. наук. праць. Маріуполь, 2023. Вип. № 25. С. 142-151.

ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ДВОСИСТЕМНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Дідківський Є.В. – магістрант гр. 2EEE-маг, jekadedkovckiy@gmail.com

Співак О.М. – к.т.н., доцент, alexspi@ukr.net

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

RESEARCH AND ANALYSIS OF DUAL-SYSTEM ELECTRIC ROLLING STOCK OF RAILWAYS

Didkivskij E. – master's student gr. 2EEE-mag, jekadedkovckiy@gmail.com

Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, alexspi@ukr.net

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The work is devoted to the modernization of two-system electric rolling stock of railways. The existence of two types of electric power supply - direct current and alternating current, as well as the need to expand the operating area of electric rolling stock necessitates the creation of a two-system electric rolling stock in order to increase the economic efficiency of freight and passenger transportation.*

The operation of two-system electric rolling stock not only significantly increases the productivity of railway workers by reducing the time spent at stations where trains change the type of current, but also reduces vehicle maintenance costs.

Keywords: *electric drive, engine, transistor, contactor.*

Актуальність дослідження. Існування електричного живлення двох типів – постійного та змінного струму, а також необхідність розширення експлуатаційної ділянки електрорухомого складу (ЕРС) зумовлює необхідність створення двосистемних ЕРС з метою підвищення економічної ефективності вантажних і пасажирських перевезень.

Експлуатація двосистемних електровозів не тільки значно підвищує продуктивність праці залізничників за рахунок скорочення часу перебування на станціях, де поїзди змінюють тип струму, а й зменшує витрати на обслуговування транспортних засобів.

Двосистемний ЕРС в основному потрібний для оптимізації транспортного процесу та організації швидких перевезень на великі відстані, а згодом і на високій швидкості. Наразі двосистемні електровози є більш потужними, ніж односистемні пасажирські локомотиви, а отже, швидше розганяються і скорочують час у дорозі при розгоні після численних обмежень швидкості та на схилах.

Метою роботи є дослідження і аналіз шляхів розвитку двосистемного електрорухомого складу залізниць і обґрунтування необхідності впровадження асинхронного тягового приводу з автономним інвертором напруги.

Дослідження і аналіз роботи двосистемного електрорухомого складу залізниць.

Сьогодні на електрифікованих залізницях у всьому світі використовуються різні системи електричної тяги (рис.1) [1].

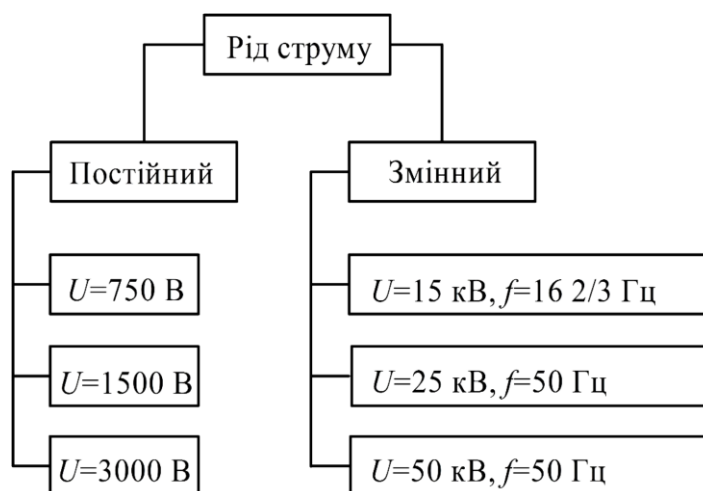


Рисунок 1 – Класифікація систем електричної тяги

Важливою проблемою українських залізниць є електрифікація різних ділянок змінним і постійним струмом з контактною мережею, на якій може подаватися або змінний струм 25 кВ 50 Гц, або постійний 3,0 кВ. Це вимагає міняти локомотиви на так званих «станціях стикування». На «станціях стикування», які оснащені нейтральною вставкою, відбувається пропуск поїздів, ведених двосистемними електровозами або двосистемними електропоїздами. На інших станціях при зміні ріді струму необхідно виконувати заміну локомотива, що суттєво ускладнює логістичні процеси.

У зв'язку з наявністю ділянок залізниць, електрифікованих змінним і постійним струмом, серед працівників залізничної галузі за кордоном і в Україні постало питання про створення багатосистемного електрорухомого складу.

На залізницях України експлуатується парк з 10 електропоїздів подвійного живлення виробництва HYUNDAI Rotem (дев'ятивагонні HRCS2), 2 електропоїздів подвійного живлення виробництва компанії Skoda (шестивагонні двоповерхові EJ 675) та двох електропоїздів подвійного живлення виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (дев'ятивагонні ЕКр1 «Тарпан»), а також 2 поїздів (5-вагонної комплектації) локомотивної тяги МПЛТ виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод». Восьмивісні вантажні електровози

подвійного живлення ВЛ82М, які виготовлені в 70-ті роки минулого століття, експлуатуються на залізницях України, але в теперішній час уже не відповідають сучасним вимогам експлуатації.

Загальна схема структури електричної мережі двосистемних ЕРС нового покоління показана на рис. 2 [2,3,4].

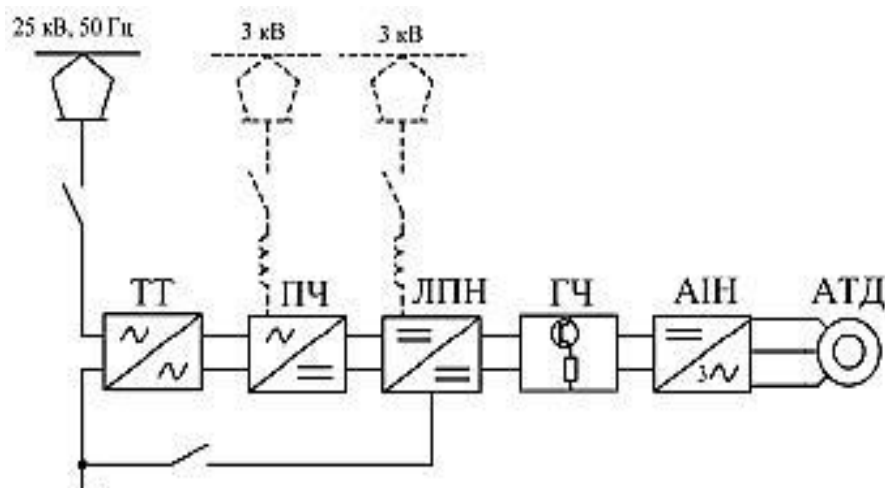


Рисунок 2 – Структурна схема живлення двосистемного ЕРС:
ТТ – тяговий трансформатор; ПЧ – чотириквadrантний випрямляч;
ЛПН – ланка постійної напруги; ГЧ – гальмовий чопер;
АІН – автономний інвертор напруги; АТД – асинхронний тяговий двигун

Розвиток напівпровідникових приладів з регулюванням потужності спростив схемотехніку електрорушійних силових ланцюгів. Польові транзистори з ізолюваним затвором (МОП-транзистори) є кращими в низьковольтовому діапазоні, тоді як біполярні транзистори з ізолюваним затвором (IGBT) є кращими у високовольтовому діапазоні. Швидкий розвиток напівпровідникової техніки став запорукою успіху становлення ЕРС з асинхронними тяговими двигунами переваги використання яких полягають у такому [2,4]:

- підвищення надійності електрообладнання електропоїздів за рахунок використання безконтактних пристроїв перетворення енергії;
- збільшення потужності та крутного моменту тягових двигунів при тих же габаритних розмірах;
- покращення тягових характеристик електровозів за рахунок використання жорстких тягових характеристик при боксованому русі;
- значно простіші та надійніші тягові електродвигуни порівняно з колекторними;
- можливість повної автоматизації режиму роботи локомотива.

Ці переваги не залишають сумнівів у тому, що асинхронні двигуни можуть

широко використовуватися для електричної тяги. Існуючий досвід розробки та експлуатації ЕРС з цими двигунами повністю підтверджує це і тому для двох і багатосистемного ЕРС застосування асинхронних двигунів як тягових найприйнятніше і дає багато важливих технічних, експлуатаційних та економічних переваг.

Висновок. Використання асинхронного тягового приводу з автономним інвертором напруги, виконаного із застосуванням силових IGBT– транзисторів, є ефективним напрямом при створенні і модернізації двох і багатосистемного ЕРС.

Л і т е р а т у р а

1. Дьяков В. О., Босий Д. О., Антонов А. В. Контактна мережа електрифікованих залізниць. Улаштування контактної мережі: навч. посіб. Дніпро: Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. 228 с.
2. Забарилло Д. О. Принципи побудови силових схем багатосистемних електровозів нового покоління // Локомотив-інформ. 2013. №8 (86). С.4-12.
3. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі: навч. посіб. Дн-вськ: НГА України, 1999. 229 с.
4. Муха А.М. Уніфікація як критерій порівняльної оцінки структурних схем тягового перетворювача для багатосистемного електровоза // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2009. №29. С.71-75.

МОДИФІКОВАНЕ БАЗАЛЬТОВЕ ВОЛОКНО В ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Дорошенко О.Ю. – к.т.н., доц., doroshenko_oy@gsuite.uit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

MODIFIED BASALT FIBER IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Doroshenko O.Yu. – Ph.D., associate professor, doroshenko_oy@gsuite.uit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. The article examines the experimental and theoretical justification of the use of basalt fiber, as a promising material, with the help of which it is possible to obtain a new class of building materials. As a result, it was established that an increase in temperature contributes to an increase in alkali resistance of the fiber. The mass loss during aging in an

alkaline solution after 28 days is about 5%, while the initial fiber loses more than 30% of the fiber mass during this time. A further increase in the temperature of isothermal aging is not effective due to a decrease in alkali resistance of the fibers and economic impracticability. In the process of heat treatment from 300 to 500 °C, the processes of defect healing, changes in the chemical composition and surface structure of the fibers occur as a result of $Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$ oxidation and the formation of iron oxide tetrahedra $[FeO_4]Na$ with the attraction of alkaline cations to the surface of the fibers. The expediency of thermal treatment of basalt fiber at a temperature of 500 °C is substantiated, which leads to compaction of the fiber structure and contributes to increasing its alkali resistance, which is confirmed by the morphostructural features of the surface of heat-treated basalt fiber aged in cement mortar.

Keywords: basalt fiber, transport construction, heat treatment, fiber structure, alkali resistance of fibers, X-ray patterns, spectra.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що серед характеристик фібробетону зазвичай виділяють його міцність при згинанні та стисканні. У фібробетону значення цього показника перевищує на 10...15% значення звичайного бетону. В конструкціях використовують тільки фібробетон або фібра та стрижнева або дротяна арматура. Вітчизняний та зарубіжний досвід показує, що фібробетон є універсальним матеріалом і знаходить все більше застосування в галузі транспортного будівництва.

Базальтові волокна відносяться до сучасних ефективних матеріалів, що відрізняються високими фізико-механічними показниками і можуть використовуватися у великому діапазоні температур.

Отримання фібробетону в сучасному будівництві на основі базальтового волокна є перспективним, оскільки вони працюють в агресивних середовищах (стійкість до кислот та лугів), мають гарні експлуатаційні, фізико-механічні характеристики. Всі ці властивості базальтових волокон спричиняють актуальність створення високоефективних будівельних матеріалів та виробів для різних напрямків будівельної галузі [1,2,3].

Встановлено [4,5], що волокно, що знаходиться в розчині протягом гідратації цементу, характеризується недостатньою лугостійкістю.

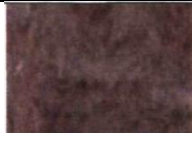
Мета роботи є розробка способів модифікації поверхневого шару базальтового волокна, які забезпечать високу корозійну стійкість.

Підвищити ефективність використання базальтового волокна у цементобетоні можна шляхом термічної обробки волокна.

Матеріали та методи дослідження

Для вивчення впливу термообробки на властивості волокон фібру піддавали нагрівання в діапазоні температур від 300 до 700 °C з кроком 100 °C. Ізотермічна витримка становила 30 хв. Охолодження відбувалось за кімнатною температурою в повітряному середовищі (табл. 1).

Таблиця 1 – Волокно, модифіковане за градієнтом теплової обробки

Виробник	300 ⁰ С	400 ⁰ С	500 ⁰ С	600 ⁰ С	700 ⁰ С
ТОВ Армбуд					
	Колір нормальний	Колір нормальний	Колір освітлений	Зміни в кольорі – більш червоний	Зміни в кольорі – більш червоний

Час температурної обробки був вибраний дослідним шляхом і склав 30 хв.

У процесі проведення досліджень відзначено суттєву зміну кольору волокна залежно від температури обробки (табл. 1). Ймовірним поясненням цього факту є окислення заліза у структурі волокна, внаслідок цього волокно набуло червоного відтінку.

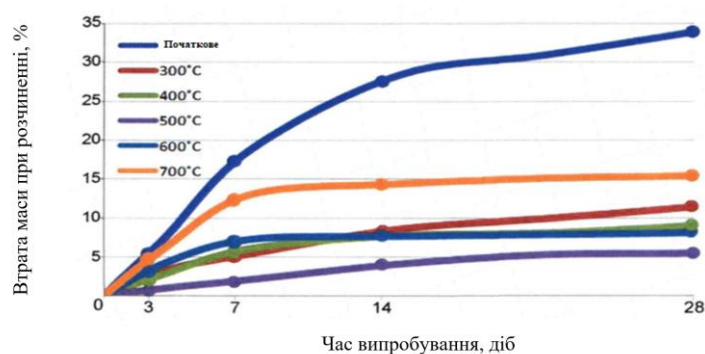


Рисунок 1 – Втрата маси волокна при розчиненні в залежності від часу випробування

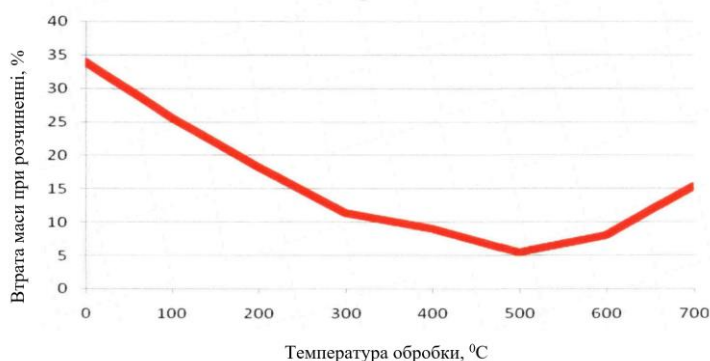


Рисунок 2 – Втрата маси при розчиненні в залежності від температурної обробки після витримання в лужному середовищі протягом 28 діб

В результаті встановлено, що збільшення температури з 300 до 500 ⁰С сприяє підвищенню лугостійкості волокна. Втрата маси при витримці в лужному розчині після 28 діб становить близько 5 %, тоді як початкове волокно за цей час

втрачає понад 30 % маси волокна. Подальше збільшення температури ізотермічної витримки не ефективно через зниження лугостійкості волокон та економічної недоцільності.

При аналізі мікроструктури як початкового, так і термообробленого армуючого компонента особливих змін немає (рис. 3). Це стосується як розміру (діаметра) (рис. 3 а, г), так і поверхні волокон (рис. 3 б, г). Діаметр окремих волокон коливається у широкому діапазоні – від 2 до 30 мкм. Поверхня фібри досить гладка, проте в окремих частинах її покривають глобулярні утворення, імовірно, продуктів карбонатизації, розміром до 1 мкм.

Однак, якщо поверхня вихідної фібри досить сильно координувана (рис. 4, а – в), то після термічної обробки вона покрита глобулярними утвореннями (рис. 4, г– е). На зразках вихідного анізотропного матеріалу є «виїдені» ділянки, поздовжні «борозни» у напрямку витягування волокон, що може говорити про їх внутрішню структуру (рис. 4, б, в). При цьому руйнування відбувається по найбільш слабкій частині - межі розділу, імовірно, окремих ниток волокна з алюмосилікатних ланцюгів. Якщо розглядати ділянку потверджену корозії, вона має чітку межу (рис. 4, б) і глибину вилуговування до 400 нм (рис. 4, в). Однак, реальна величина руйнування більша через корозію всього поверхневого шару невпорядкованого алюмосилікатного скла. На самих волокнах є глобулярна речовина, яку можна віднести як до рентгеноаморфного карбонату кальцію, так і до продуктів реакції луку з алюмосилікатним матеріалом самої фібри.

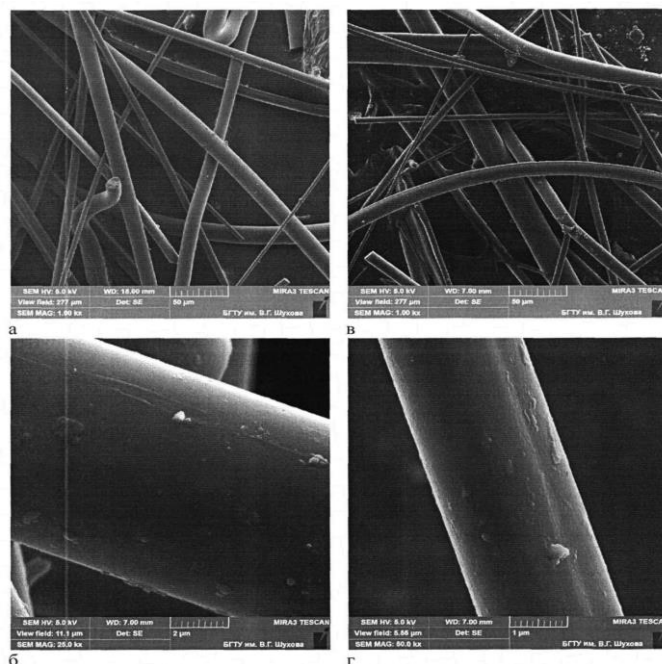


Рисунок 3 – Мікроструктура базальтового волокна:
а, б – початкового; в, г – після термічної обробки при 500 °С

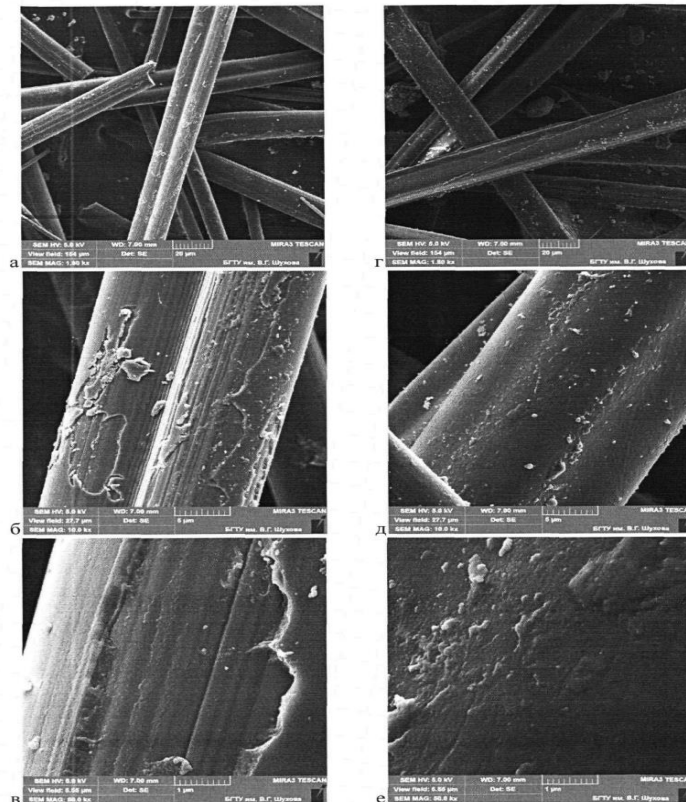


Рис. 4 – Вплив лужного середовища модельної системи на мікроструктуру базальтового волокна:

а – в початкового; г – е – після термічної обробки при 500 °С

На волокнах після термічної обробки явних слідів вилугування не виявлено (рис. 4, г–е). Привертає увагу відсутність поздовжніх «борозен», що є наслідком великої стійкості модифікованої базальтової мікрофібри до лужного середовища. Загалом можна говорити, що морфологія поверхні волокна, підданого термічній обробці, не зазнає серйозних змін під дією агресивного середовища цементного молока (рис. 3).

Низька лугостійкість початкового базальтового волокна може визначатися кількома факторами. В результаті різкого охолодження розплаву при формуванні волокон у них фіксується неоднорідна об'ємна та поверхнева пухка високотемпературна структура. При цьому волокно характеризується наявністю дефектів поверхні (мікротріщини, мікропори, обриви зв'язків тощо). Усе це разом інтенсифікує процес розчинення силікатного каркаса.

У процесі термообробки від 300 до 500 °С відбуваються процеси заліковування дефектів, зміни хімічного складу та структури поверхні волокон в результаті окислення $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ та утворення залізоокисневих тетраедрів $[\text{FeO}_4]\text{Na}$ із залученням на поверхню волокон лужних катіонів. Перелічені процеси найбільш активно проходять при 500 °С – температурі близької до температури склування (кордон переходу з твердого в пластичний стан).

Висновки. Обґрунтовано доцільність термічної обробки базальтового волокна при температурі 500 °С з подальшим охолодженням у повітряному середовищі при кімнатній температурі для підвищення його лужної стійкості. Запропоновано модель модифікації базальтового волокна при термічній обробці, засновану на переході $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ в результаті термообробки в окислювальних умовах. Зміна координаційного оточення, що відбувається при цьому, ініціює утворення зв'язків між $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{-1}$ та їх трансформацію в каркасний структурний тип з утворенням залізовмісних плагіоклазових фаз. Дані процеси призводять до ущільнення структури фібри та сприяють підвищенню її лугостійкості, що підтверджується морфоструктурними особливостями поверхні термообробленого базальтового волокна, витриманого у цементному розчині.

Л і т е р а т у р а

1. Толмачев С. Н. Развитие теории разрушения и стойкости дорожных цементных бетонов при действии агрессивных факторов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Укр. держ. акад. залізничн. тр-ра. Харьков, 2013. 40 с.
2. A. Dorigato, A. Pegoretti :Flexural and impact behaviour of carbon/basalt fibers hybrid laminates, Journal of Composite Materials48, 2014. № 9, P. 1121-1130.
3. J. H. Lim, K. Y.Rhee, H. J. Kim and D. H. Jung: Effect of stacking sequence on the flexural and fracture properties of carbon/basalt/epoxy hybrid composites, Carbon Letters15, 2014. № 2, P. 125-128.
4. Khamees, S. S.; Kadhum, M. M.; Nameer, A. A. Effects of Steel Fibers Geometry on the Mechanical Properties of SIFCON Concrete. Civ. Eng. J. 2020, 6, 21–33.
5. Дорошенко О. Ю. Обґрунтування можливості використання базальтового волокна як компонента цементобетону для транспортного будівництва. Збірнику наукових праць УкрДУЗТ Харків, 2021. вип.198. С. 22-29.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ БЕЗПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА НАПРЯМОМ «СХІД-ЗАХІД»

Дьомін Ю.В. – д.т.н., проф., yu.domin@1520mm.com

Дьомін Р.Ю. – д.т.н., r.domin.1520mm@gmail.com

Черняк Г.Ю. – к.т.н., anchernyak1520mm@gmail.com

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Україна, м. Київ

IMPROVEMENT OF TECHNICAL MEANS FOR UNLOADED RAIL TRANSPORT IN THE EAST-WEST DIRECTION

Domin Yu.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, yu.domin@1520mm.com

Domin R.Yu. – Doctor of Technical Sciences, r.domin.1520mm@gmail.com

Cherniak G.Yu. – Candidate of Technical Sciences, anchernyak1520mm@gmail.com

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv

Abstract. The article considers the problems of scientific and technical support of international freight traffic by railways with different standards of track gauge. The analysis of previous developments to ensure the entry of Western European type cars to the railways of Ukraine using non-reloading technologies is carried out. Information is provided on the modernization of 1520 mm gauge freight car bogies for use at car shifting points to speed up technological operations. The results of mathematical modeling of the dynamics of movement of a tank car on modernized bogies are described. The compliance of the dynamic indicators obtained by calculation with regulatory requirements is proved.

Keywords: unloaded transport, modernization of bogies, dynamics of movement, mathematical modeling

Актуальність дослідження. В умовах воєнного стану та майбутнього повоєнного відновлення вітчизняної економіки постають нагальні завдання забезпечення ефективного залізничного сполучення України з країнами Європейського Союзу. При цьому першорядного значення набуває інтероперабельність перевезень залізницею вантажів коліями різного стандарту. Для прискорення міжнародних вантажних перевезень за напрямком «Схід-Захід» конче необхідним є створення комплексу відповідних технічних засобів для організації безперевантажувальних перевезень, у тому числі рухомим складом залізниць колії 1435 мм.

Мета праці полягає у розробці рекомендацій щодо запровадження нових технічних рішень щодо ходових частин для забезпечення інтероперабельних перевезень вантажів та збільшення пропускної спроможності залізничних переходів.

До відомих проблем, що вимагають системного вирішення при плануванні заходів щодо інтеграції залізниць України в європейську транспортну мережу, належать питання, пов'язані з безпечним і швидким переходом рухомим складом через пункти стику колій різного стандарту. Для здійснення безперевантажувальних перевезень на залізничних прикордонних переходах свого часу були встановлені пункти переставляння вагонів (ППВ) з необхідним обладнанням.

На українських ППВ візки моделі 18-100 замінюються на візки типу 18-110 колії 1435 мм. Ці візки мають однакові технічні характеристики. У такий спосіб ППВ забезпечують вихід вагонів колії 1520 мм певних типів на залізниці країн ЄС. Проте через габаритні обмеження експлуатація цих вагонів на залізницях колії 1435 мм дозволяється виключно на визначених маршрутах. Крім того, гранична швидкість руху поїздів з зазначених вагонів становить 60 км/год, тоді як вантажні поїзди на залізницях країн ЄС рухаються зі швидкостями до 120 км/год. Вказані обмеження суттєво гальмують логістичні процеси.

З точки зору подальшого розвитку безперевантажувальних перевезень представляє інтерес технічне забезпечення виходу рухомого складу колії 1435 мм на залізниці України. Перші спроби вантажних перевезень за напрямком «Схід-Захід» були здійснені на початку 90-х років фірмами Dyrekcja Eksploatacji System Sp. z o.o. (DEC, Польща) і Vereinigte Tanklager und Transportmittel GmbH (VTG, Німеччина) за участі вітчизняних науково-технічних фахівців [1]. У той час з використанням вагонів-цистерн західноєвропейського типу було здійснено транспортування хімічної продукції з Сєверодонецька до Гамбургу [2]. Зміна візків на ППВ здійснювалась з застосуванням перехідних пристроїв – адаптерів.

З метою забезпечення прискореного виходу вагонів колії 1435 мм на залізниці України вітчизняними науковцями та спеціалістами розроблено візки типу ДК2000 шляхом поглибленої модернізації візків моделі 18-100 [3]. Головною особливістю цих візків є пристрої спирання кузова, що виконані за європейськими стандартами, тобто підп'ятники – сферичні, а бічні ковзуни – пружні. Таким чином, візки типу ДК2000 є взаємозамінними з візками вагонів колії 1435 мм, зокрема типу Y25. Зміна візків колії 1435 мм і ДК2000 здійснюється без застосування жодних перехідних пристроїв, як це практикувалось під час згаданих перевезень хімічної продукції за маршрутом Сєверодонецьк – Гамбург.

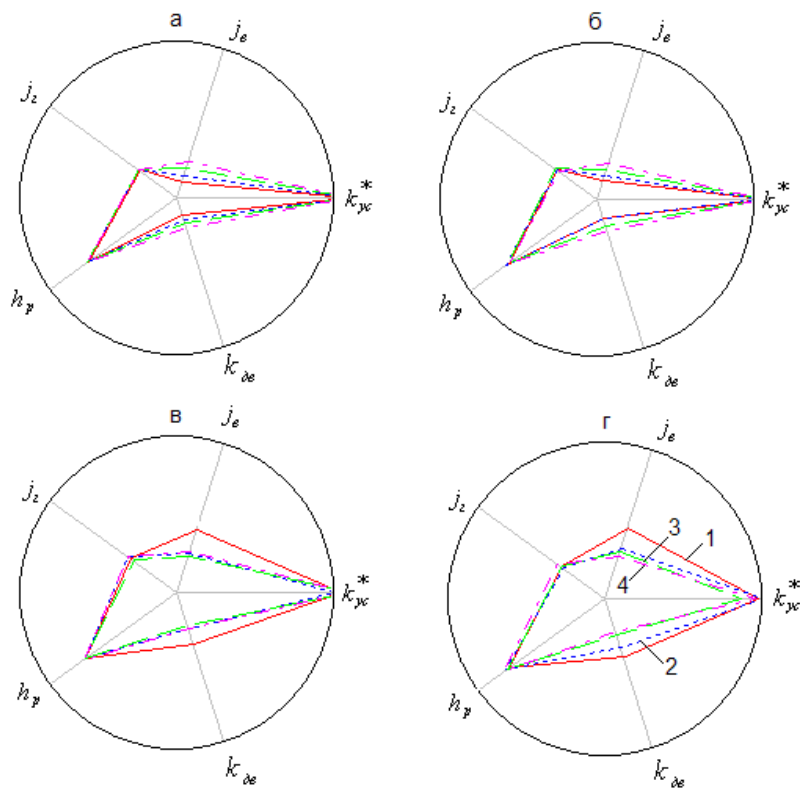


Рисунок 1 – Унормовані динамічні показники (порожній режим)

Для оцінки динамічних якостей вагона-цистерни західноєвропейського типу встановленого на візку типу ДК2000 проведено відповідне комп'ютерне моделювання. Для наочності результати розрахунків представлені радарними діаграмами. Для всіх показників, отриманих при заданій швидкості руху, з центру діаграми проведено промені, на яких відкладено у безрозмірному масштабі вимірювання значення обчислених оцінок. Попередньо кожен показник унормовано за своїм допустимим значенням.

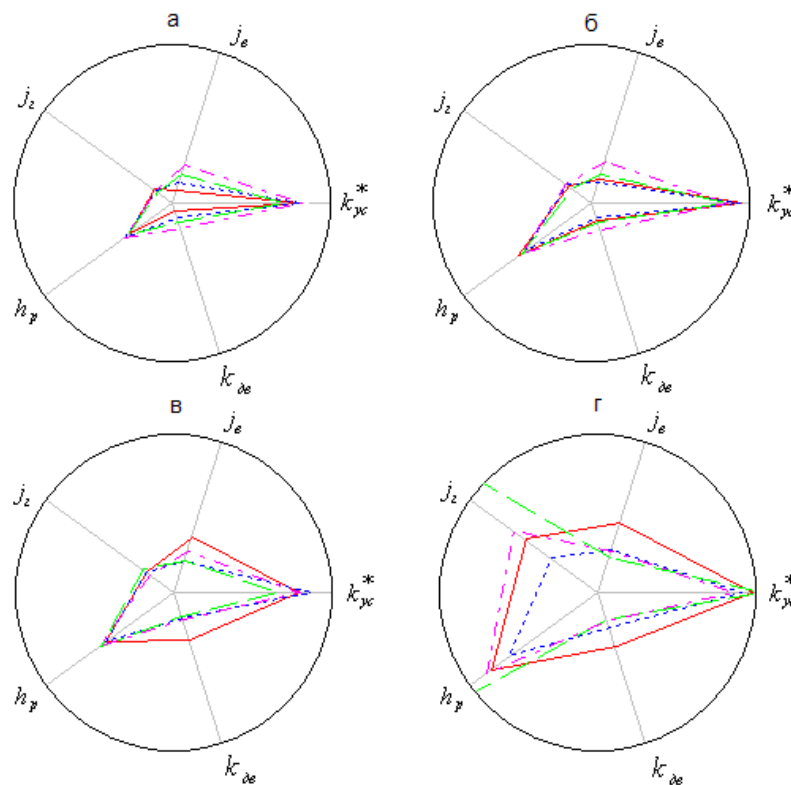


Рисунок 2 – Унормовані динамічні показники (навантажений режим)

На рисунках 1 і 2 наведено діаграми динамічних показників вагона-цистерни на візках типу ДК2000 при різних швидкостях руху: а – 60 км/год; б – 80 км/год; в – 100 км/год; г – 120 км/год. Тут представлені дані щодо наступних показників: j_z – горизонтальні прискорення кузова; j_v – вертикальні прискорення кузова; $k_{\delta v}$ – коефіцієнти вертикальної динаміки, що визначаються за силами в ресорному підвішуванні; $h_p = H_p/P_0$ – рамні сили в частках статичного навантаження колісної пари на рейки; k_{yc}^* – коефіцієнти запасу стійкості колісної пари від сходження з рейок за умовою вкочування гребеня колеса на головку рейки.

Дані рисунку 1 відносяться до порожнього режиму, а рисунку 2 – до навантаженого. Представлені розрахункові результати отримані при наступних варіантах величини коефіцієнта відносного тертя у ресорному підвішуванні: 1 – $\varphi = 0,025$; 2 – $\varphi = 0,05$; 3 – $\varphi = 0,075$; 4 – $\varphi = 0,10$.

З наведених на рисунку 1 діаграм видно, що зміна коефіцієнта демпфірування більшою чи меншою мірою впливає на показники j_v й $k_{\delta v}$ порожнього вагона. Значення коефіцієнта запасу стійкості колісної пари від сходження з рейок за умовою вкочування гребеня колеса на головку рейки k_{yc}^* не перевищують допустимого значення.

Для динамічних показників завантаженого вагона (рисунок 2) загалом характерна тенденція до зниження якості ходу зі зростанням швидкості руху.

Однак у всьому дослідженому діапазоні швидкостей, у тому числі і при $V = 120$ км/год, показники динаміки задовольняють нормативним вимогам.

Таким чином, динамічні якості вагона-цистерни на візках типу ДК2000 за розрахунковими показниками задовольняють нормативним вимогам до вагонів колії 1520 мм при швидкостях руху до 120 км/год як у порожньому, так і у навантаженому станах.

Висновок. За результатами проведеного аналізу щодо удосконалення технічних засобів ППВ для пришвидшення технологічного процесу, пов'язаного з виходом вагонів колії 1435 мм на залізниці колії 1520 мм зміною ходових частин, рекомендовано до застосування візки типу ДК2000. Шляхом математичного моделювання доведено відповідність показників динамічних якостей вагона-цистерни західноєвропейського типу на візках типу ДК2000 нормативним вимогам, що пред'являються до вагонів колії 1520 мм.

Л і т е р а т у р а

1. Дьомін Ю.В. Розвиток спеціалізованого рухомого складу – серед пріоритетів. / Ю.В. Дьомін // В кн.: «Укрзалізниця. Поступ часу. 1991-1996». – Транспорт України, 1996. С. 257-259.
2. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – Київ : «Юнікон-Прес», 2001. 342 с.
3. Дьомін Ю.В. Шляхи розвитку міжнародних перевезень на основі безперевантажувальних технологій / Ю.В. Дьомін, Ю.В. Терещак // Залізничний транспорт України. 2009. № 1. С. 3-6.

ЕФЕКТИВНІ ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ВІДПОВІДНО ДСТУ ISO 9004:2018

Жабінець Ю.В. – бакалаврант, ghabinezy_yiv@gsuite.duit.edu.ua

Ваганов О.І. – д.т.н., професор, vaganov_oi@gsuite.duit.edu.ua

*Державний університет інфраструктури та технологій
Україна, м.Київ*

EFFECTIVE INNOVATIVE SOLUTIONS OF RAILWAY DIGITALIZATION TO IMPROVE OPERATIONS IN ACCORDANCE WITH ISO 9004:2018

Zhabinets Y.V. – bachelor's student, ghabinezy_yiv@gsuite.duit.edu.ua

Vaganov O.I. – Ph.D., professor, vaganov_oi@gsuite.duit.edu.ua

*State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The requirements of ISO 9004:2018 regarding the implementation of the quality management system, the task of digitalization of railway transport for the systematic improvement of train traffic safety, resource conservation, labor and environmental protection were considered. Areas of implementation of an intelligent transport management system, implementation of the Internet of Things have been determined.*

Keywords: *quality management, digital technologies, IT platforms, Internet of things*

Актуальність дослідження. Системне поліпшення безпеки руху, ресурсоефективності, залізничного транспорту може бути досягнуто тільки за умови впровадження вимог міжнародного стандарту ДСТУ ISO 9004:2018 «Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого успіху».

Згідно вимог цього стандарту для забезпечення сталого розвитку найвище керівництво організації повинно встановити наміри та напрямки організації у вигляді політики організації, враховуючи такі аспекти, як відповідність, якість, довкілля, енергія, зайнятість, охорона праці, якість трудового життя, інновації, безпечність, конфіденційність, захист даних і досвід роботи із замовником [1].

Реалізація такої стратегії сьогодні неможлива без цифровізації залізничного транспорту [2]. На цей час цифрові технології впроваджуються у всіх сферах діяльності, змінюють спосіб життя людей. Це потребує адаптації залізничного транспорту до інновацій у сфері цифрових інтелектуальних систем, що забезпечить якість та безпеку процесів перевезень, охорону навколишнього середовища, праці, ефективне використання ресурсів. Ключовим в реалізації проекту «Цифрова залізниця» є розроблення та впровадження інтелектуальної системи управління залізничним транспортом (ІСУЗТ), яка має забезпечити:

– Автоматичний збір необхідної первинної інформації щодо стану процесу перевезень: поточного стану систем сигналізації, централізації та блокування, місцезнаходження локомотивів, поїздів, вагонів, наявності попереджень, технічного стану рухомого складу, засобів автоматики, колії та ін.

– Реалізації технології «Інтернет речей» в масштабах залізниць. Основне завдання цієї системи – підвищення якості управління процесом перевезень за рахунок системності прийняття рішень, міського рівня автоматизації функцій персоналу.

Для реалізації ІСУЗТ, в першу чергу, необхідне розроблення математичної моделі формування плану перевезень для оптимізації порожнього пробігу та простою вагонів, експлуатаційної обстановки на мережі залізниць, ремонту, технічного стану рухомого складу, інфраструктури. Необхідно передбачити в моделі можливість навчання [2, 3]. Постійне навчання моделі ІСУЗТ є необхідною умовою забезпечення ефективності алгоритму управління в системах прийняття рішень. Інтелектуальні інформаційні системи можуть також прискорити розрахунок собівартості перевезень, доставки вантажів.

Висновок. Розвиток засобів інформатизації (цифровізації залізниць) надасть нові можливості в області контролю технічного стану рухомого складу, інфраструктури, статистичного аналізу даних, математичного моделювання, забезпечення якості, безпеки, ресурсоефективності перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ ISO 9004:2018 (ISO 9004:2018, IDT) Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого розвитку. ДП «УкрНДНЦ», 2018. 44с.
2. Обруч Г.В. Особливості цифрового розвитку АТ «Укрзалізниця». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління, 2020. Том 31(70). №1. С.59-64.
3. Дикань В.Л. Індустріально-інноваційні центри як основа розвитку українських залізниць. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2019. Вип. 58. С. 7-9.

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Жураківський Д.С. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, dimazurakivskyj@gmail.com

Ткаченко В.П. – д.т.н., професор, tkachenko_vp@gsuite.uit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

MODERN SYSTEMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Zurakivskyj D. – student gr. 2EEE-mag, trosky_ro@gsuite.uit.edu.ua

Tkachenko V. – Dr. Tech. sciences, professor, tkachenko_vp@gsuite.uit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The power supply of the current planned maintenance and repair system for electric locomotives is examined. An analysis of the main current systems for maintenance and repair of transport equipment was carried out. The main stages of development of daily technical maintenance and repair systems have been established. For the maintenance and repair of locomotives, a system focused on the reliability of RCM (Reliability-Centered Maintenance) is installed.*

Keywords: *railway transport, electric locomotive, repair, maintenance, system, reliability.*

Актуальність дослідження. Надійність роботи електровозів залежить від якості комплексу заходів з їх сервісного утримання. Порядок проведення цих заходів встановлюється регламентованою системою технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). На залізницях України при плануванні заходів з ТОіР застосовують планово-попереджувальну систему, яка сформувалась в 50-60-х роках минулого століття. Впровадження сучасних діагностичних систем локомотивів дозволяє отримувати більше інформації про їх технічний стан. Враховуючи широкі можливості нових технологій відновлення, застосування нових матеріалів, потребує перегляду існуюча система утримання локомотивів. Зокрема впровадження нових стратегій організації ТОіР електровозів може базуватися на основі світового досвіду, напрацювань у інших областях техніки.

Постановка завдання. Аналіз і формалізація основних напрямків розвитку сучасних систем технічного обслуговування і ремонту електричного рухомого складу залізниць та перспективи їх впровадження на залізницях України.

Основний матеріал. Задачею системи ТОіР, або сервісного обслуговування будь-якого транспортного засобу є забезпечення працездатності

машини на весь період його експлуатації, визначення періодичності та обсягів технологічних заходів, при мінімальних витратах.

В АТ «Українські залізниці» прийнято планово-попереджувальну систему (ППС) утримання електровозів [1]. ППС передбачає періодичне проведення заходів з технічного обслуговування та ремонту електровозів після відпрацювання ним певного пробігу. Широке застосування даної системи на транспорті протягом майже 60 років обумовлено низкою її переваг і можливостей:

- контроль тривалості міжремонтних періодів роботи;
- планування часу простою електровоза в ремонті;
- прогнозування витрат на ремонт;
- збір статистичних даних про відмови.

Основними недоліками ППС вважаються наступні:

- при виконанні планового ТО чи ремонту здійснюється демонтаж та розбирання обладнання незалежно від його технічного стану, що у більшості випадків призводить донеповного використання ресурсу електровоза в цілому;
- втручання в роботу обладнання, що нормально функціонує, призводить до додаткового зношування при припрацюванні;
- після кількох ремонтних циклів локомотив являє собою комплекс вузлів та агрегатів з різним ресурсом (нові, старі придатні, старі відновлені) що призводить до нечіткої інтенсивності відмов.

Сьогодні на інших видах транспорту впроваджуються системи ТОіР, що базуються на інших принципах утримання машин в робочому стані. Серед них системи, що враховують фактичний технічний стан об'єкта [2], та системи, орієнтовані на надійність [3]. Нові системи ТОіР набувають поширення в різних областях техніки [4, 5].

Концептуальні підходи до систем сервісу електровозів в інших країнах.

У передових промислово-розвинених країнах система організації ремонтно-профілактичних робіт називається трохи інакше. В Європі, США, Канаді – це система обслуговування; в Японії, Південній Кореї – система збереження; у багатьох країнах світу – сервісне обслуговування.

Як правило, на підприємствах немає спеціальних підрозділів з ремонту. Такі служби очолює на основі принципу єдиноначальності технічний керівник фірми по обладнанню, а роботами керують безпосередньо майстри. Порядок виконання робіт з ТО, поточного і капітального ремонтів розробляється заводами-виробниками. Цей порядок визначається в інструкціях по експлуатації машин і неухильно виконується на підприємствах експлуатації.

Ще одна суттєва особливість ремонтного процесу полягає в тому, що ремонт з повним розбиранням обладнання практично не застосовується. Як

поточний, так і капітальний ремонт виконуються шляхом заміни непридатних агрегатів, вузлів і деталей на нові заводського виготовлення.

У США існує система планово-попереджувального обслуговування рухомого складу, яка передбачає утримання локомотивів в працездатному стані шляхом заміни будь-якого змінного елементу, якщо є небезпека його виходу з ладу. Частка виконання ремонтних робіт так званим «фірмовим ремонтом» (силами спеціалізованих ремонтних фірм) не перевищує 10% всього обсягу ремонтів в країні. Переважно це налагодження, випробування, модернізація, складні регулювальні роботи, рідше – заміна складних агрегатів.

Фахівці Японії і Південної Кореї вважають, що для значного збільшення прибутку від експлуатації обладнання необхідно, щоб ремонтно-відновлювальні роботи носили плановий характер. У японській системі забезпечення техніки закладений наступний принцип: всі роботи по заміні агрегатів, вузлів і деталей по можливості слід проводити на місці їх установки силами власного спеціально підготовленого персоналу.

Активними гравцями в сфері технічного обслуговування електровозів стають компанії-виробники рухомого складу. Так, послуги з ремонту компаній Bombardier Transportation [6], Alstom Transport [7] і General Electric Transportation Systems [8] оцінюються приблизно в 1 млрд. Євро на рік. Ринок залишається жорстко диверсифікованим і має значний потенціал зростання. Зростаюча конкуренція і передача деякими операторами ремонтних функцій стороннім організаціям створюють основу для нових підходів у цій сфері. Перші в Європі контракти на поставки нового рухомого складу, в яких було обумовлено його після-продажне технічне обслуговування силами виробника, мали місце ще в 1992 р в Іспанії щодо парку високошвидкісних електропоїздів сімейства AVE.

У більшості європейських країн перехід від технічного обслуговування власними силами до застосування концепції спільної діяльності відбувається менш різко. Рух до відкритої конкуренції спонукає операторів переглядати структуру витрат, аналізувати аспекти та обсяги основної діяльності, відповідаючи на питання: наскільки важливим для оператора є виконання технічного обслуговування рухомого складу власними силами. Коли відповідальність за стан рухомого складу беруть на себе компанії-виробники, ефективність цієї роботи набагато вище.

Виробник орієнтується на пошук шляхів підвищення ефективності своєї діяльності: він прагне поліпшити баланс між попереджувальним технічним обслуговуванням і коригуючим ремонтом для усунення несправностей. Оператор, навпаки, буде шукати способи обмеження своїх поточних витрат і прагнути ремонтувати рухомий склад тільки при виникненні несправностей.

Контракти на технічне обслуговування дозволяють виробникам відстежувати стан рухомого складу протягом усього його життєвого циклу. Дані про всі відхилення від нормальної роботи надходять в служби досліджень і розробок, що дозволяє поліпшувати характеристики виробів в реальному часі.

Сьогоднішній ринок технічного обслуговування рухомого складу характеризується великими масштабами і хорошою передбачуваністю, оскільки контракти укладаються на досить тривалі терміни (від 10 до 30 років), і це вигідно відрізняє даний сектор від виготовлення технічних засобів для залізничного транспорту. Природно, такий ринок цікавить багатьох, і конкуренція на ньому досить жорстка. До того ж на відміну від контрактів на поставку рухомого складу контракти на технічне обслуговування часто продовжуються. Змінити компанію, що надає послуги з технічного обслуговування, досить складно, навіть незважаючи на те, що 80% запасних частин, що використовуються при ремонті, як правило, випускають не виробники рухомого складу, а постачальники комплектуючих виробів.

На думку компаній-виробників, сучасні тенденції передбачають не просто вдосконалення системи технічного обслуговування як виду діяльності, спрямованої на отримання прибутку; скоріше, йдеться про більш глобальний тип сервісу з технічної підтримки експлуатації. Коли компанія-оператор укладає з компанією-виробником контракт на здійснення технічного обслуговування, вона не просто купує одноразову послугу, вона платить за постійне і систематичне обслуговування.

У більшості випадків оператори зберігають, щонайменше частково, свою участь в технічному обслуговуванні, щоб контролювати і оцінювати цю роботу. До того ж корисно зберегти деякі навички в даній області на випадок, якщо виникне необхідність знову зайнятися цією діяльністю або змінити партнера, якщо він не влаштовуватиме клієнта.

Принципом роботи компаній операторів стає наступний: «Від управління технічним обслуговуванням до управління експлуатаційними показниками».

Висновок. Останнім часом спостерігається еволюція контрактів, що укладаються компаніями-операторами на технічне обслуговування. Раніше це були контракти на виконання певних робіт, тепер це контракти, пов'язані із забезпеченням заданих параметрів і обсягом послуг. Нові моделі технічного обслуговування по фактичному стану дозволяють оптимізувати готовність рухомого складу та скоротити час, протягом якого він виводиться з експлуатації на обслуговування. Перевага віддається вже не плановому технічному обслуговуванню, а практиці відстеження функціонування рухомого складу в експлуатації по надходженню сигналів, коли компонент або система виявляють певні ознаки зносу або наближення до відмови.

Література

1. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту та технічного обслуговування тягового рухомого складу: наказ УЗ від 30.06.2010 №093. К., 2010.
2. Аулін, В. В., Гриньків, А. В., & Голуб, Д. В. (2017). Критерії оцінки в організації системи технічної діагностики для дослідження технічного стану засобів транспорту. http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5959/1/_Sbornik_2017.pdf#page=55.
3. Тітова, Л. Л., & Роговський, І. Л. (2014). Методи технічного обслуговування лісових машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, (155), 132-137. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Vkhdtusg_2014_155_24.pdf.
4. Пузир, В. Г., & Дацун, Ю. М. (2014). Застосування сучасних стратегій при удосконаленні системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів. <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/8602>.
5. Потапенко, М. В., & Шаршонь, В. Л. (2021). Удосконалення системи ремонту електрообладнання за його фактичним станом. Editorial Board, 649. http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/13807/1/11_21_%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%86%D1%96%D1%8F-Science-foundations-of-modern-science-and-.pdf#page=650.
6. Bombardier Transportation. Режим доступу: <https://bombardier.com/en>.
7. Alstom Transport. Режим доступу: <https://www.alstom.com/uk/alstom-v-ukrayini>.
8. General Electric Transportation Systems. Режим доступу: <https://www.ge.com/research/sectors/transportation>.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ РУХУ СУДНА

Замана А.А. – здобувач ступеня PhD

Київський інститут водного транспорту імені гетьмана

Петра Конашевича-Сагайдачного

Державного університету інфраструктури та технологій

України, м. Київ

RESEARCH OF THE STRUCTURE OF THE SHIP MOTION MODEL

Zamana A.A. - Postgraduate student

Hetman Petro Konashevych-Sahaidachnyi Kyiv Institute of Water Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. One of the main obstacles that have to be faced during the development of the structure of fuzzy controllers of the systems under consideration is the need to work with a large amount of input data. This often exceeds the level for which effective work of experts is possible during the drafting of rules. Therefore, we will present the model of the ship's

movement in the form of a hierarchical structure of agents, which will allow us to overcome the mentioned difficulties

Keywords: *ship, navigation safety, traffic control system, ship control system, ship movement model, information collection and processing*

Метою дослідження є необхідність дослідження структури моделі руху судна.

Актуальність дослідження визначена необхідністю забезпечити безпеку плавання у внутрішніх водах.

У ході дослідження розділено вхідні параметри за групами для формування для кожної групи єдиного виходу [1], що дозволить інтегрально оцінити вплив згрупованих параметрів на стан судна. Результатом є структура контролера (Fuzzy Logic Controller), що перетворює початкові параметри на прийнятну кількість вихідних, можливо абстрактних за фізичним змістом, але вельми корисних для формування подальшої конкретної системи даних. Як початкову для розглянутих моделей використовуватимемо інформацію про поточну лінійну і кутову швидкість руху судна, про завантаження судна, про відношення поточної глибини H до осадки судна, про швидкість V_a відносного вітру і його курсовий кут $K_{\text{ВІТ}}$, про відношення ширини W фарватеру до ширини B судна, про швидкість n обертання суднового гвинта і про кут β перекладки керма. При цьому вважатимемо, що швидкість судна вимірюється гідроакустичними лагами відносно ґрунту у вигляді її проекції на осі, пов'язані із судном.

Завданням вимірювального комплексу (Measuring Unit) є перетворення інформації, отриманої від суднових вимірювальних приладів, до вигляду, зручного для її подальшого використання [2]. Тому до складу розглянутого комплексу в суднових умовах мають входити інтерфейси, що здійснюють перетворення цих сигналів у стандартні фізичні величини.

Синтез структури нечіткого контролера передбачає визначення функцій приналежності кожного із зазначених параметрів до тих чи інших термів, формулювання правил, що пов'язують між собою значення вхідних величин контролерів з їхніми вихідними величинами, визначення методики нечіткого виведення (його дефазифікації). Зазвичай, для налаштування мережі використовують метод зворотного поширення помилки (backpropagation algorithm) або його комбінацію з критерієм мінімуму середньоквадратичної помилки.

Висновки. У ході дослідження встановлено, що під час аналізу ефективності вхідного опису нечіткого контролера редактор послідовно синтезує моделі, що пов'язують один із розглянутих входів і вихід контролера, обчислює середньоквадратичні помилки моделювання на налагоджувальній і

контрольній базі даних значень лінійних і кутових прискорень руху судна і відображає інформацію про отримані помилки.

Л і т е р а т у р а

1. Hoare, C. A. R. An axiomatic basis for computer programming / C. A. R. Hoare // Communications of the ACM. 1969. Vol. 12, no.

2. Застосування засобів моніторингу перехідних режимів в ОЕС України при розв'язанні задач диспетчерського керування / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, О.Ф. Буткевич, М.Ф. Сопель // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр. К.: ІЕД НАНУ, 2009. Вип 23. С. 147-155.

ВПЛИВ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ НА ЗНОС КОЛІС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Зуб Є.П. – аспірант, epzub@ukr.net

Сиваківський С.В. – аспірант, svvakivskii_sv@gsuite.uit.edu.ua

Сапронова С.Ю. – д.т.н., проф., doc.sapronova@gmail.com

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

Воробйов О.В. – аспірант, vorobjov_o@snu.edu.ua

*Східноукраїнський національний університет ім. В.Далі,
Україна, м. Київ*

THE INFLUENCE OF NEW TECHNOLOGIES AND TECHNICAL SOLUTIONS ON THE RAILWAYS OF UKRAINE ON THE WEAR OF FREIGHT CAR WHEELS

Zub E.P. – Postgraduate student, epzub@ukr.net

Sivakivskiy S.V. – Postgraduate student, svvakivskii_sv@gsuite.uit.edu.ua

Sapronova S.Yu. – Doctor of Technical Sciences, Professor, doc.sapronova@gmail.com

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Vorobjov O.V. – Postgraduate student, vorobjov_o@snu.edu.ua

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. The study considered the most important factors that significantly worsened the situation with the wear of the rolling surfaces of rolling stock wheels. They arose during the reform of the railway and the introduction of new technical solutions. These include the narrowing of the track from 1,524 mm to 1,520 mm, which was introduced to increase the stability of the track during the operation of freight trains, increase their speed without

modernizing the rolling stock itself. Optimization of the hardness of wheel rims, introduction of rail lubrication and lubrication, introduction of new repair profiles did not lead to a decrease in the wear of wheel crests of freight cars. Modernization of type 18-100 carts, introduction of wear-resistant wheel profiles of ITM-73 and ITM-73-01 wagons, reduction of the legally permissible thickness of ridges will allow to reduce their wear.

Keywords: rolling stock, track, crest, wear, wheel profile, recovery.

Актуальність дослідження. Проблема зносу коліс рухомого складу залізниць існує майже двісті років. Велика чисельність науковців всього світу досліджують і розробляють методи зменшення зносу поверхонь кочення і гребневих зон, які базуються на чисельних теоретичних і експериментальних дослідженнях. Але експлуатація рухомого складу вносить свої корективи в проблему зносу коліс. Тому дуже важливо виділити більш значущі фактори впливу на зростання зносів коліс вантажних вагонів, які з'являлись під час реформування Укрзалізниці і впровадження нових технічних рішень, як для колії, так і ходових частин.

Метою роботи є аналіз факторів, які значною мірою впливають на інтенсивний знос гребенів коліс колісних пар вантажних вагонів.

Другою за поширеністю у світі (17% загальної довжини залізниць) була колія шириною 1524 мм. З середини XIX століття стандартом на залізницях Російської імперії (пізніше – СРСР), Фінляндії і Монголії була обрана ширина колії 1524 мм. З 1970 року до початку 1990-х, залізниці СРСР були переведені на колію 1520 мм. Це було зроблено з метою збільшити стабільність колії при експлуатації вантажних потягів, підвищити швидкість їх руху без модернізації самого рухомого складу. Після розпаду СРСР ця ширина колії стала стандартною шириною на залізницях усіх країн, що утворилися на його терені [1].

З цього часу почався процес стрімкого збільшення зносів гребенів коліс рухомого складу. Фактор зменшення ширини колії з 1524 мм до 1520 мм можна вважати одним із основних, який привів до появи ще більшої кількості факторів впливу на знос гребенів коліс.

З 2004 року на Укрзалізниці почали впроваджувати колеса з підвищеною твердістю від 280НВ до 320НВ з метою зменшення зносу гребенів [7]. Але, на фоні цього впровадження, почалось інтенсивне зношування поверхонь головок рейок.

Як показує сучасний міжнародний досвід, співвідношення характеристик твердості коліс і рейок становить приблизно 1–1,1. В Україні це співвідношення змінювалось таким чином: 1935-1955 р.р. – $H_{Вк}/H_{Вр} \approx 0,93$, 1956-1980 р.р. – $H_{Вк}/H_{Вр} = 1,01-1,05$, 1981-2002 р.р. – $H_{Вк}/H_{Вр} \approx 0,85$, з 2003 року – $H_{Вк}/H_{Вр} \approx 0,75$. Для рівної зносостійкості відношення твердості колісного зразка до твердості рейкового пропонується порядку 1,2 при проковзуванні до 1%, а при

проковзуванні до 10% – 1,0–1,1. Але, це ствердження несе в собі протиріччя. Згідно з молекулярно-механічною теорією [6], тертя однойменних матеріалів приводить до значного зносу.

І вітчизняний, і світовий досвід говорить про те, що існує оптимальна твердість для рейок і коліс, обумовлена низкою факторів. Оптимальною твердістю і для рейок, і для колії, що страждають від процесів контактної втоми і зношування, є $HV=370-400$. Висновки чисельних досліджень з визначення оптимальної твердості колеса і рейки, часто бувають діаметрально протилежними в залежності від поставленої задачі: зменшення зносу коліс чи зменшення зносу рейок.

На основі досвіду залізниць США і ЮАР рішення про впровадження рейкозмащення і лубрикації колісних пар (більшою мірою тягового рухомого складу) могло змінити ситуацію із зносом гребенів коліс рухомого складу. Це призвело до покращення ситуації, але не більше ніж на 1%. Що стосується коліс вагонів, і особливо вантажних, ситуація продовжувала погіршуватись. На даний час, лубрикація колісних пар рухомого складу України майже не застосовується.

Після впровадження в технологію ремонту колісних пар нових ремонтних профілів і впровадження нової системи показників зносу поверхонь кочення, технології їх вимірювання і контролю, з'явився новий фактор – технологічний знос. Цей вид зносу пов'язаний із введенням нової системи нормативно-допускових параметрів зносу для ремонтних профілів.

На даний час, відповідно до [1, 3, 4] для ремонту коліс вантажних вагонів використовують ремонтні профілі (рис.1).

Профіль ДПТ-УЗ поверхні кочення коліс вантажних вагонів з початковою товщиною гребеня 33,0 мм використовують більше, ніж всі інші. На профіль ДПТ-УЗ обточують колеса колісних пар не модернізованих вантажних вагонів з візком моделі 18-100. Нормативно-допустима товщина гребеня під час експлуатації дорівнює 25мм. Ця товщина і є основною причиною збільшення кількості обточок коліс та технологічного зносу.

Для модернізованих візків моделі 18-100 розроблені зносостійкі профілі ІТМ-73, ІТМ-73-01. Дані експериментальних досліджень показали, що середня інтенсивність зносу ободів коліс вантажних вагонів складномодернізованих візків, оснащених колесами з профілем ІТМ-73-01, у 3,5-5 разів нижчий, ніж у стандартного вагона зі стандартним профілем коліс (рис. 2) [5, 7].

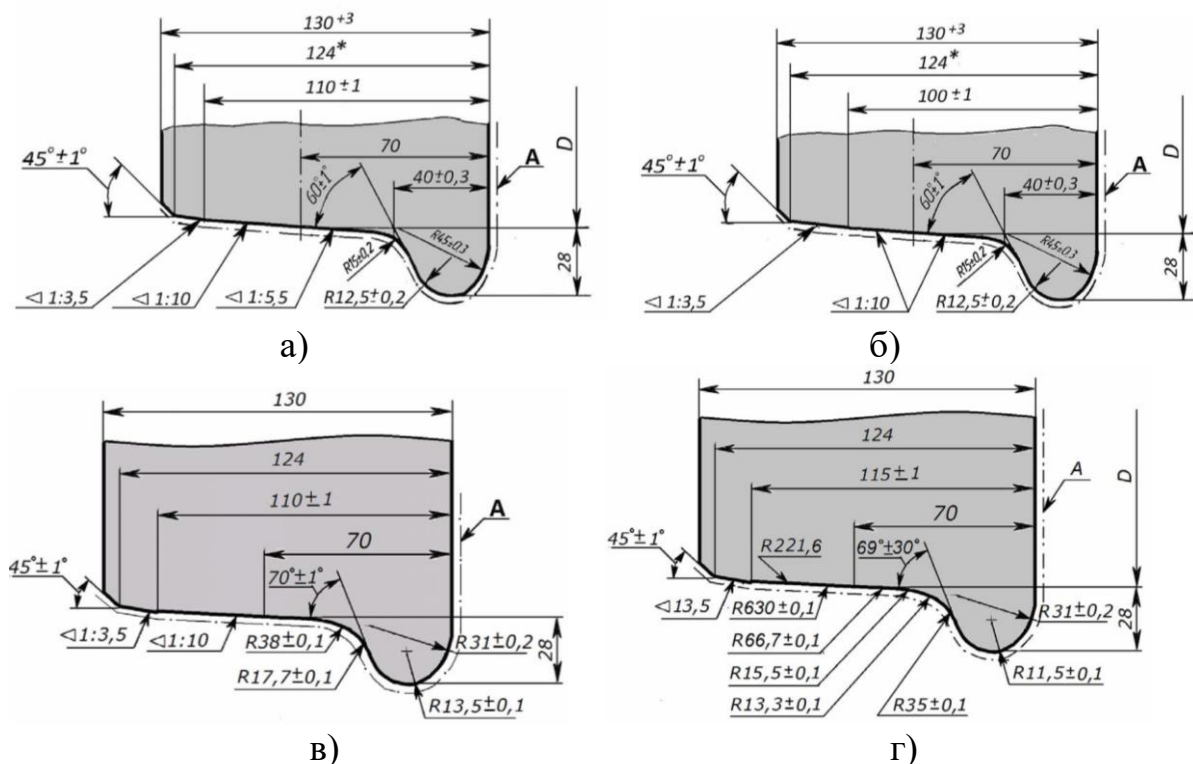


Рисунок 1 – Ремонтні профілі коліс вантажних вагонів:

- а) профіль ДПТ-УЗ поверхні кочення коліс вантажних вагонів з початковою товщиною гребеня 33,0 мм;
- б) профіль поверхні кочення коліс з початковою товщиною гребеня 33,0 мм згідно з ДСТУ 10791-2016;
- в) профіль ІТМ-73 поверхні кочення коліс вантажних вагонів з початковою товщиною гребеня 32,0 мм;
- г) профіль ІТМ-73-01 поверхні кочення коліс вантажних вагонів з товщиною гребеня після обточки 29,0 мм.

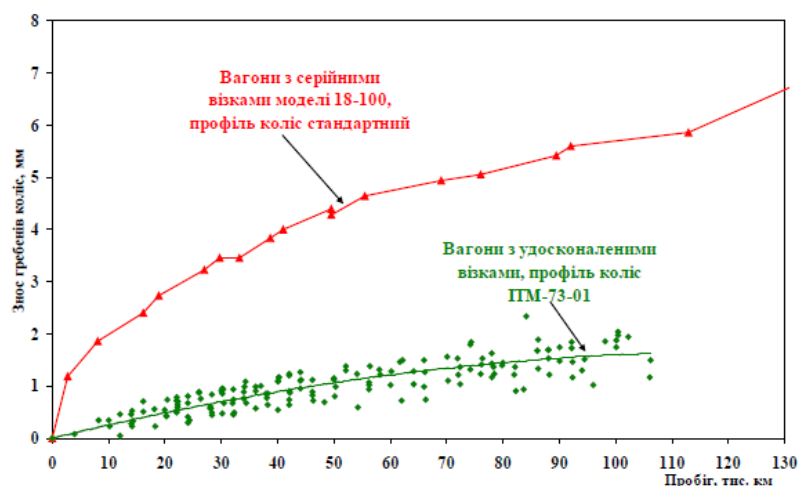


Рисунок 2 – Експериментальні залежності зносу гребенів коліс від пробігу вагонів зі стандартним профілем коліс та профілем коліс ІТМ-73-01[2]

Дослідження [2] показує, що значний вплив на зменшення зносів коліс вантажних вагонів здійснює саме модернізація візка типу 18100 (рис. 3).

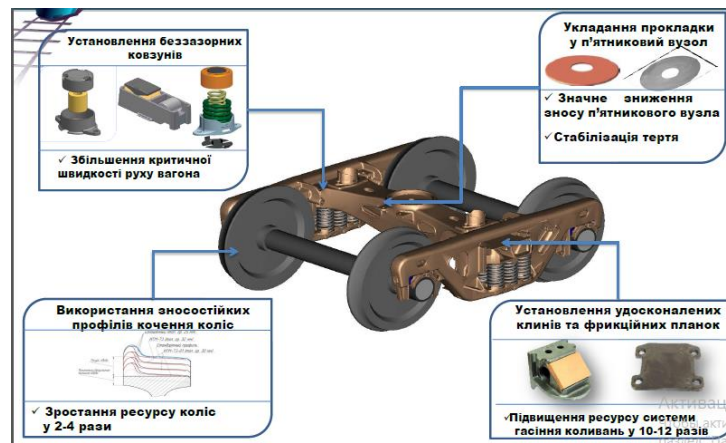


Рисунок 3 – Комплексна модернізація візка 18100 (18-7020) [2]

Авторами цього дослідження запропоновано замінити стандартний профіль ободу коліс на зносостійкий профіль ITM-73 або ITM-73-01 для полегшення вписування вагонів у криволінійні ділянки колії та істотного зниження гребеневого зносу коліс.

Нормативно-допустима товщина гребеня під час експлуатації колісної пари вантажного вагону дорівнює 25мм [1, 3]. Ця товщина і є основною причиною збільшення кількості обточок коліс та технологічного зносу. І для нових зносостійких профілів цей нормативний показник теж зазначений. Тому залишається відкритим питання обґрунтування зменшеної нормативно-допустимої товщини гребеня вагонного колеса, яка могла б значно зменшити технологічний знос.

Висновки. 1. Звуження ширини колії з 1524 мм до 1520 мм призвело до появи ще більшої кількості факторів впливу на збільшення зносів гребенів коліс. 2. Необхідна модернізація існуючого парку вагонів і створення нового, який би оптимально вписувався в ширину колії 1520 мм. Особливо це стосується візків і колісних пар. 3. Для зменшення технологічного зносу поверхонь кочення коліс вантажних вагонів доцільне обґрунтування зменшення нормативно-допустимої товщини гребеня і впровадження її в нових інструкціях.

Л і т е р а т у р а

1. СТП 04-001:2015. Колісні пари вантажних вагонів. Правила технічного обслуговування, ремонту та формування. Київ: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2015. 145 с.
2. Розробка конструкцій та машинобудівних технологій створення вантажних вагонів нового покоління. Презентація. <http://surl.li/nfuvz>.
3. Про затвердження Правил технічної експлуатації залізниць України. Наказ міністерства транспорту України №411 від 20.12.96 (зі змінами Наказ №962 (з1183-03) від 10.12.2003. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97/print/>

4. Інструкція з деповського ремонту та експлуатації візків вантажних вагонів моделі 18-100, модернізованих з встановленням елементів компанії «A.STUCKI» та колісних пар з нелінійним профілем коліс ITM-73: ЦВ-0083. Київ: Укрзалізниця, 2006. 30 с.
5. Рухлов І.В. Вплив підвищеної твердості колеса на кількість дефектів на його поверхні кочення і інтенсивність зносу гребеня. *Техн. механіка*. 2011. №1. С. 12-17.
6. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Т.1 Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. К.: Техніка, 2006. 537 с.
7. Ushkalov V., Mokriy T., Malysheva I., Lapina L., Pasichnik S. & Bezrukavyy N. Reduction of freight car wheel wear of 1520 mm gauge railways. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 985 (2020) 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012004>.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ

Іванов Р.В. – аспірант, ivanovrodion@ukr.net

Філь Є. В. – магістрант, E.Fil@dp.uz.gov.ua

Курган М.Б. – д.т.н., проф., kunibor@gmail.com

*Український Державний університет науки і технологій
Україна м. Дніпро*

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS FOR TRAFFIC SAFETY AT RAILWAY CROSSINGS

Ivanov R.V. – Postgraduate student, ivanovrodion@ukr.net

Fil E.V. – master's student, E.Fil@dp.uz.gov.ua

Kurgan M.B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, kunibor@gmail.com

*Ukrainian State University of Science and Technology
Ukraine, Dnipro*

Abstract. *The authors have documented the process of introducing innovative technologies during the reconstruction of the crossings of the entrance to the automobile road in one level (crossings). An analysis has been made of the work of moving in European countries and the entrances that are used to improve the safety of transport means. The developed mathematical model can be used to analyze various scenarios and make changes in the security system that can improve the security situation at crossings. An innovative approach to the introduction of new and existing approaches will allow the implementation of goals to reduce the risks of road traffic and improve safety through hazardous crossings.*

Keywords: *railway; innovative technologies; railway crossing, blocking barrier device, crossing signaling, crossing deck, barrier*

Актуальність дослідження впливає із Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, в якій окремим розділом розглядається «Інноваційний розвиток транспортної галузі та глобальні інвестиційні проекти».

В умовах подальшої інтенсифікації залізничного транспорту все більше уваги повинно приділятися проблемі забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах, досягти якої можна при комплексному використанні організаційних і технічних заходів, впровадженням нового та модернізацією існуючого обладнання, будівництвом шляхопроводів. Дослідженню цих питань приділяється багато уваги. Сі Ланг та ін [1] відзначають, що залізничні переїзди є одним з найважливіших питань для сталого управління безпекою руху та дорожньо-транспортними пригодами, що становлять третину всіх залізничних пригод у Європі. У роботі [2] показано, що технічні рішення мають обмежене застосування через фінансову неможливість заміни всіх переїздів шляхопроводами або встановлення сучасного обладнання з метою попередження чи виявлення небезпеки, коли до переїзду наближається поїзд. Переїзди є пріоритетною темою для Управління залізниць і доріг (ORR) Великобританії. В роботі [3] відмічається, що на більш ніж 7000 залізничних переїздів не існує універсального підходу до безпеки, кожен залізничний переїзд є унікальним. Найкращі рішення – перетин доріг через шляхопроводи та підземні переходи, але це вимагає дуже великих капіталовкладень. В Україні, як і в багатьох європейських країнах, є багато залізничних переїздів, де виникають і можуть виникнути небажані наслідки як для автомобільного, так і залізничного транспорту. Інтеграція транспортної системи України до європейської є тривалою через низький рівень інноваційності, безпеки, надання якісних транспортних послуг та необхідність проведення технологічної модернізації наявної інфраструктури.

Мета роботи – показати інноваційні технології для підвищення безпеки на перетині залізничних колій з автомобільними дорогами. Об’єктом дослідження є процес впровадження інноваційних технологій при модернізації існуючих переїздів для організації швидкісного руху поїздів в Україні.

Матеріали дослідження. Світовий досвід свідчить, що без впровадження інновацій неможливий ефективний розвиток залізничного транспорту. Україна також впроваджує різні інноваційні технології при реконструкції плану залізниць, однак, у порівнянні з країнами Європи та Північної Америки, рівень інновацій української залізничної галузі поки що відстає. Серед відомих інноваційних технологій, які сьогодні застосовуються в різних країнах світу, можна назвати заходи для зменшення ризиків на залізничних переїздах на напрямках швидкісного руху поїздів які включають різноманітні технологічні та інженерні рішення покликані підвищити безпеку руху транспортних засобів. Наприклад, використання сучасних систем сигналізації та автоматизованого управління, встановлення камер та використання дронів для постійного спостереження на залізничних переїздах, використання штучного інтелекту,

який може допомогти в прогнозуванні ризиків та вчасному виявленні аномалій на переїздах.

В даній роботі акцент зроблено на використання комп'ютерного моделювання як важливого інструменту для підвищення безпеки на залізницях, включаючи залізничні переїзди. Комп'ютерні моделі можуть використовуватися для аналізу різних сценаріїв і визначення змін в системі безпеки, які можуть покращити ситуацію з безпеки на переїздах.

Для оцінки безпеки руху залізничного транспорту та автотранспортних засобів у зоні залізничних переїздів був використаний метод підсумкового коефіцієнту аварійності, який дає змогу оцінити стан безпеки в результаті проведеної модернізації чи нових проектних рішень [4]. Його величину K_a для залізничного переїзду визначають шляхом перемножування семи коефіцієнтів аварійності

$$K_a = \prod_{i=1}^7 K_i = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \quad (1)$$

До цього часу в методі підсумкового коефіцієнту аварійності коефіцієнти $K_2 \dots K_7$ задаються детерміновано для певного інтервалу і мають стрибкоподібний характер. Це впливає на остаточний результат і може привести до різних заходів з підвищення безпеки руху на залізничних переїздах. Усунути вказані недоліки методу підсумкового коефіцієнту можна, використовуючи формули і графіками запропоновані в роботі авторів [5].

Для визначення у запропонованій моделі коефіцієнтів аварійності вихідні дані вводяться із автоматизованої інформаційної системи «Переїзд». В системі зберігаються всі необхідні дані про переїзд. Окремі питання в цій сфері потребують подальшого обговорення та вдосконалення, наприклад, система оцінки стану рівня безпеки на залізничних переїздах, заміна небезпечних переїздів на шляхопроводи [6, 7].

Наведемо приклад, які проектні рішення розглядалися при впровадженні швидкісного руху поїздів (до 200 км/год) на напрямку Київ-Здолбунів. На цьому напрямку 45 переїздів, частину з яких пропонується перевести в охороняємі, частину замінити на шляхопроводи.

Результати розрахунків за формулою (1) представлено у вигляді гістограм окремо для не охороняємих і для охороняємих переїздів (рис. 1 і 2).

Згідно методики [4] для оцінки безпеки на переїздах використовують такі критерії: до 40 – безпечний; 41...60 - мало небезпечний; 61...80 - небезпечний; більше 81 – дуже небезпечний.

З рис. 1 випливає, що 13 переїздів оцінюються коефіцієнтом $K_a > 80$ як дуже

небезпечні, інші $K_a = 61-80$ – як небезпечні. І в першому, і в другому випадках необхідно впроваджувати заходи з підвищення безпеки руху через залізничні переїзди.

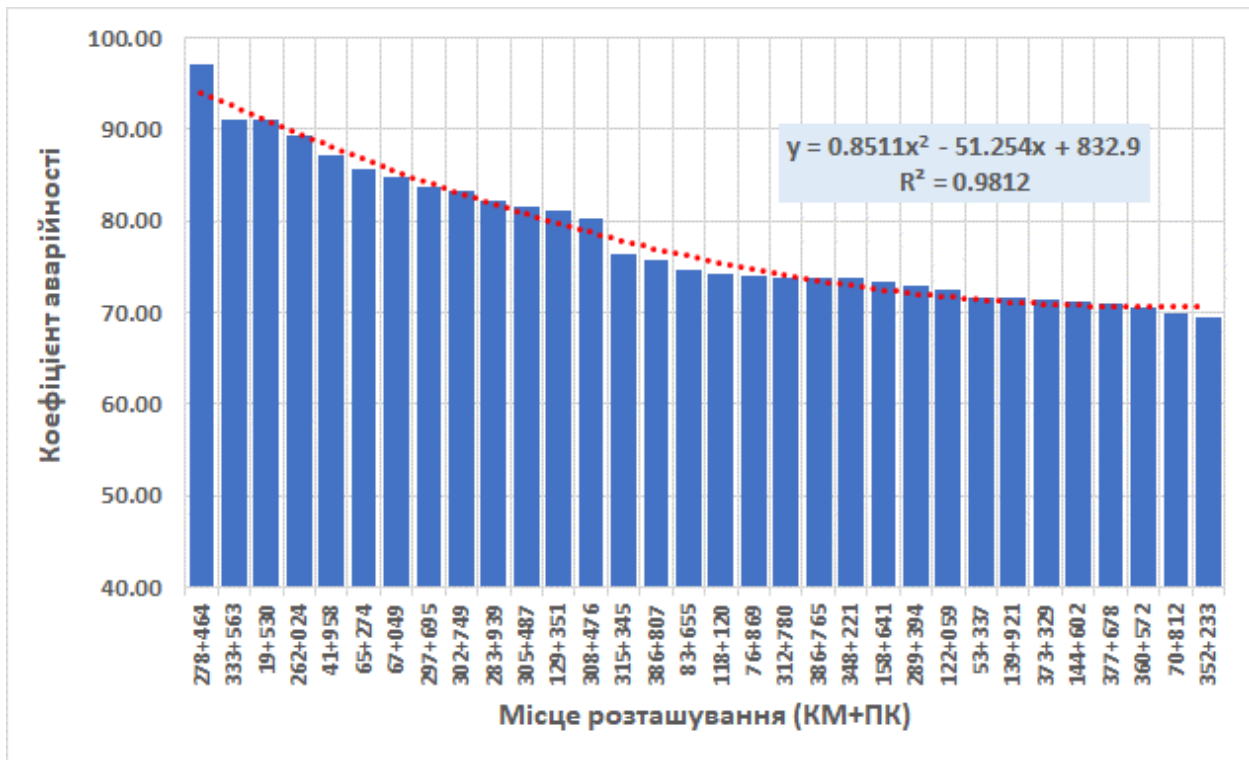


Рисунок 1 – Коефіцієнти аварійності на не охороняємих переїздах

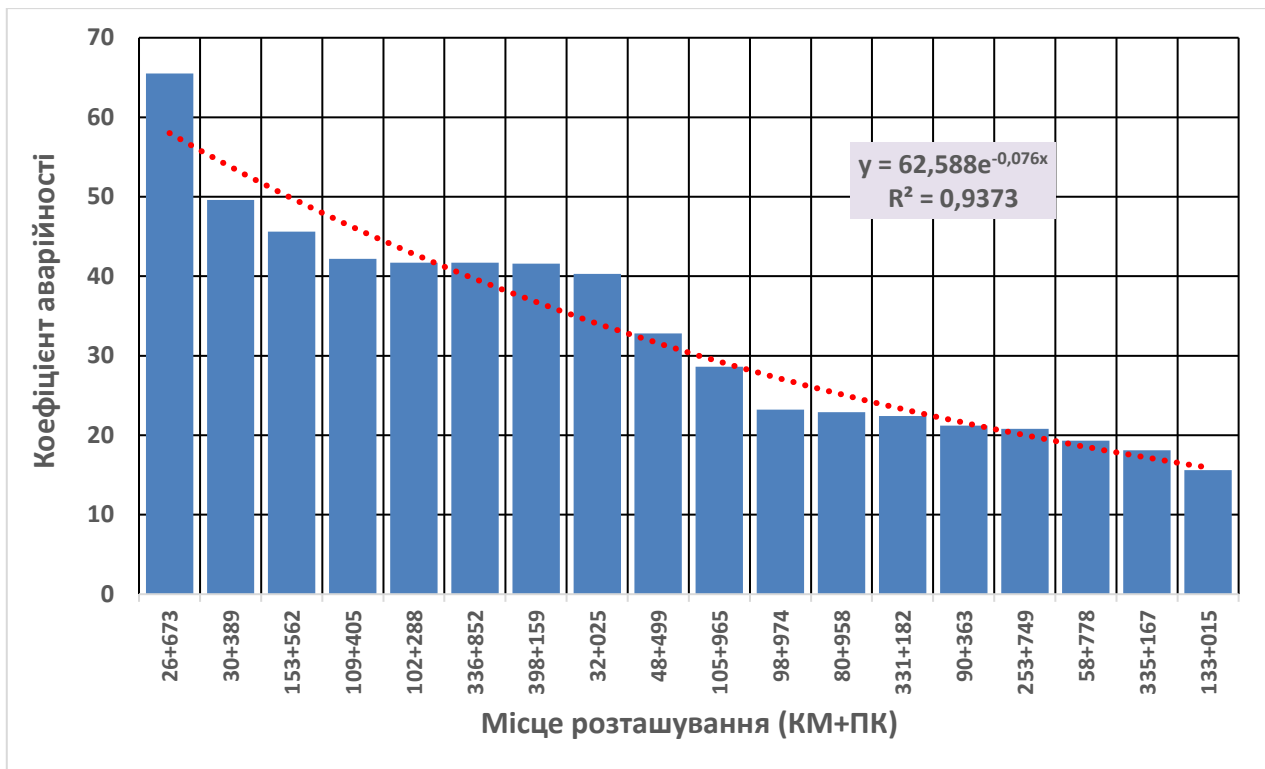


Рисунок 2 – Коефіцієнти аварійності на охороняємих переїздах

З аналізу рис. 2 можна зробити висновок, що тільки вісім переїздів з розряду охороняємих відносяться до мало небезпечних і потребують капітального ремонту та додаткового обладнання, наприклад, улаштування шлагбаумів для перекриття дороги на всю ширину проїзної частини.

Запропонована модель дозволяє прогнозувати зміни у вихідних даних і отримувати різні значення підсумкового коефіцієнту, отже планувати заходи з впровадження інноваційних технологій, що підвищують безпеку руху на переїздах.

Висновки. Щоб зменшити ймовірність людської помилки та покращити безпеку, рекомендується використовувати як наявні технології так і інноваційні можливості для розробки нового рішення з безпеки руху на залізничних переїздах.

Для небезпечних переїздів можна рекомендувати встановити автоматичні шлагбауми із автоматичною світлофорною сигналізацією, провести капітальний ремонт підходів автодоріг до переїзду. Для запобігання в'їзду транспортних засобів на переїзд при закритих автоматичних (напівавтоматичних) шлагбаумах і включених червоних мигаючих вогнях на переїзних світлофорах для надійної й безперебійної роботи встановити загороджувальний бар'єрний пристрій (ЗБП).

Поширювати відомі та продовжувати впроваджувати інноваційні рішення, а саме: обладнання переїздів ЗБП, яких на залізницях Укрзалізниці всього 8, відеонаглядом - всього 9, чотирма шлагбаумами - 383 тощо.

Удосконалювати оцінку ризиків для обґрунтування стратегії керування залізничними переїздами. В оцінках враховувати такі важливі фактори як розташування переїзду (в плані, профілі, видимість), інтенсивність руху (залізничного, автомобільного та пішохідного) на ньому, а також історії аварій.

Використовуючи методи ієрархій, мозкового штурму та інші, визначати й використовувати надійний набір показників для оцінки й забезпечення загальної безпеки пасажирів і транспорту, пов'язаних з усіма аспектами проектування, будівництва, обслуговування та експлуатації залізничної системи.

Л і т е р а т у р а

1. Liang, C.; Ghazel, M.; Cazier, O.; Bouillaute, L. Advanced model-based risk reasoning on automatic railway level crossings. Saf. Sci. 2020, 124 (4). DOI: 10.1016/j.ssci.2019.104592
2. Evaluation of Safety Degree at Railway Crossings in Order to Achieve Sustainable Traffic Management: A Novel Integrated Fuzzy MCDM Model /Aleksandar Blagojević, Sandra Kasalica, Goran Tričković, Vesna Pavelkić
//Author to whom correspondence should be addressed. Sustainability 2021, 13(2), 832; <https://doi.org/10.3390/su13020832>
3. Principles for managing level crossing safety - Office of Rail & Road 2021

https://www.orr.gov.uk/sites/default/files/2021-06/principles-for-managing-level-crossing-safety-june-2021_0.pdf

4. Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України : М 218-03450778-652:2008. [Чинна від 2008-01-01]. Київ: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2008. - 49 с.

5. Курган М.Б. (2022) Оцінка безпеки руху транспортних засобів на перетині автомобільної дороги й залізниці в одному рівні / М. Б. Курган, Д. М. Курган, М. А. Гусак, М. О. Гаврилов, О. Ф. Лужицький // Наука та прогрес транспорту, 2022, № 2 (98). doi: <https://doi.org/10.15802/stp2022/267978>

6. Іванов Р.В., Курган, М.Б. Інновації на залізничних переїздах країн ЄС і України / Матеріали Міжнародної мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції молодих дослідників, здобувачів вищої освіти та науковців «Сучасна наука: інновації та перспективи». Київ, 6-7 квітня 2023. С. 58-62.

7. Іванов Р. В., Курган А. М., Філь Є. В. Модернізація залізничних переїздів при будівництві європейської колії на території України / Матеріали 82 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»/ Дніпро, 20-21 квітня 2023. С. 336-338.

МЕТОДИКА ВИБОРУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ЯКИЙ ЗАЙНЯТИЙ В ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Іванченко Д.А. – к.т.н., ivanchenko_d_a@pstu.edu

Ганжеев Д.О. – асистент, dmitrgan9@gmail.com

Коробчич Д.В. – магістрант, deniskorobchich2001@gmail.com

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Україна, м. Дніпро

Джус О.В. – магістр, djusov22@gmail.com

Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз

Україна, м. Львів

METHODS OF SELECTING A VEHICLE USED IN DIESEL FUEL TRANSPORT TECHNOLOGY

Ivanchenko D.A. – Ph.D., ivanchenko_d_a@pstu.edu

Hangeev D.O. – assistant, dmitrgan9@gmail.com

Korobchich D.V. – master's student, deniskorobchich2001@gmail.com

Pryazovsky State Technical University

Ukraine, Dnipro

Djus O.V. – master's degree, djusov22@gmail.com

Lviv Research Institute of Forensic Expertise

Ukraine, Lviv

Abstract. The analysis of regulatory and technical documentation on the transportation of diesel fuel in Ukraine and abroad was carried out. Analyzed works of scientists and industrial

workers in the field of transportation of dangerous goods. A technique for choosing a vehicle for transporting diesel fuel has been developed. According to it, calculations were made for the selection of a vehicle at the "Ukrغازvydobuvannya" enterprise.

Keywords: vehicle, fuel, transportation, dangerous goods, specific costs

Актуальність дослідження зумовлена економією експлуатаційних витрат на перевезення дизельного палива. Одним із способів економії при перевезенні палива є вибір необхідного транспортного засобу, на що і направлена дана робота.

Метою роботи є розробка методики по вибору транспортного засобу для перевезення дизельного палива. При цьому витрати на перевезення дизельного палива повинні бути найменшими.

Під впливом наукової спільноти, громадян та міждержавних документів в Україні на основі [1] було розроблено ряд законів, які направлених на регулювання функціонування транспортної інфраструктури при перевезенні дизельного палива. При цьому основні вимоги направлені на сам транспортний засіб. Так, технічний стан транспортного засобу, що зайнятий у перевезенні вантажів чи пасажирів, визначається множиною постійно змінних властивостей [2-7]. Сукупність цих факторів, що за своєю суттю є кількісними та якісними конструктивними параметрами транспортного засобу, дуже важке для моделювання його руху і прогнозування його надійності та вироблення концепту руху пасажиро- чи вантажопотоків. Так, аналіз лише роботи силової установки транспортного засобу є надзвичайно складною задачею у зв'язку з зношенням деталей та вузлів, різноманітними кліматичними умовами, хімічним складом первинних ресурсів, які необхідні для роботи теплової машини чи деградації електроліту, аноду чи катоду енергоємної одиниці акумулятора. Крім «внутрішніх», тобто тих, що виникають безпосередньо в транспортній одиниці, є ряд і зовнішніх: географічний чи кліматичний район функціонування транспортного засобу, логістична чи інфраструктурна розвиненість регіону перевезень, нормативно-правові чи ментальні вимоги до транспорту.

Велика увага вчених та держслужбовців всього світу прикована до питань функціонування логістичної інфраструктури, її розвитку та її вдосконалення [1-7]. Так, в праці [2] йде широкий огляд принципів функціонування транспортної логістики, опису її складових, взаємозв'язків та основних математичних моделей діяльності системи перевезень. Автори в [3] заглиблюються в основи транспортно-експедиційного обслуговування підприємств, організацій та населення та методів їх вдосконалення. Джерела [4-5] на базі практичних задач створюють концепт математичних моделей функціонування логістики, а також визначають основні теоретичні питання. Перелік вантажів, основні підходи до

перевезення тих чи інших груп товарів наведено в праці [6]. Необхідність застосування економічних підходів, зниження собівартості одиниці продукції транспорту та методика тягових розрахунків наведена в роботі [7]. Проте всі ці праці не розглядають удосконалення підходів по вибору транспортного засобу, який зайнятий в технології перевезення дизельного палива.

Перевезення дизельного палива – це є складне завдання обумовлене наступними чинниками:

- вогнебезпечністю вантажу,
- використанням спеціалізованих цистерн,
- екологічною небезпекою рідини,
- токсичністю для людини,
- фізичними особливостями хімічної речовини (загустівання парафінів при від’ємних температурах),
- високими ризиками та витратами на страхування,
- циклічністю споживання (збільшення об’ємів в «теплу» пору року, й зменшення при падінні попиту) й інше.

При цьому була визначена деяка стабільність через вказані принципи:

- відносна прив’язаність до існуючої інфраструктури
- незмінність логістичних ліній протягом всього розглянутого періоду часу.

В той же час завдяки наукового-технічному прогресу відбувається постійна зміна парку тягового рухомого складу експедиторської служби. Доставка палива в Україні здійснюється різними видами транспорту, але найпоширенішим (від нафтобаз до автозаправочних станцій (АЗС)) є автомобільний вид доставки.

В процесі дослідження проблематики була запропонована методика вибору транспортного засобу на основі питомих норм витрат транспортних засобів на 100 км вантажоперевезень (g) та тенденції коливань вартості палива для двигуна внутрішнього згоряння механічної одиниці ($C_{палива}$). Встановлено витрати пов’язані з оплатою праці у вигляді годинної тарифної ставки ($C_{тар}$), кількості робочих днів протягом розглянутого періоду часу ($n_{роб}$) та кількості робочих годин одного робочого дня ($t_{зм}$). Невід’ємною частиною вартості є також витрати пов’язані з технічним обслуговуванням та ремонтом транспортних засобів, величина яких у технічному паспорті транспорту є відрахування на кожну 1000 км пробіг з вантажем чи без нього ($g_{тз}$). Крім того до кінцевої величини додається величина кошторису викликана амортизацією основних фондів на одиницю транспортної продукції через коефіцієнт величини амортизаційних відрахувань на кожні 1000 км пробігу ($k_{амор}$) та вартості транспортного засобу

($C_{\text{авто}}$). Як видно з вищезазначеного паспортні величини витрат залежать від пройденої відстані (L) та вантажопідйомності конкретної механічної системи задіяної в експлуатації (G). Тоді рівняння для визначення вартості перевезення 1 тони дизельного палива на 1 км пройденої відстані буде мати вид:

$$C = \frac{g \cdot C_{\text{палива}}}{100 \cdot G} + \frac{C_{\text{тар}} \cdot n_{\text{роб}} \cdot t_{\text{зм}}}{G \cdot L} + \frac{g_{\text{ГЗ}}}{1000 \cdot G} + \frac{C_{\text{авто}} \cdot k_{\text{амор}}}{1000 \cdot G}.$$

Для прикладу було розглянуто проблематику з вибору наявного транспортного засобу автопарку компанії «Укргазвидобування» з перевезення дизельного палива від нафтобази до конкретної АЗС своєї мережі, результати розрахунків відображені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вибір типу вантажного автомобіля в компанії «Укргазвидобування» на Хмельниччині при прямованні до АЗС

№	Тип вантажного автомобіля	Допустима вага палива, t	Пройдена відстань протягом року, $км$	Вартість перевезення тони палива, $грн/т \cdot км$
1	КрАЗ-225Б	7,5	28796	2,95
2	MAN TGX	50		1,94
3	DAF FX450	60		1,91
4	Mercedes-Benz Atego 818	10		2,66
5	Mercedes-Benz ACTROS 2544-MP3 +MAGYAR INOX18.200L +17.700L/2X6COMP	80		1,87

Висновок. Виконаний аналіз праць по перевезенню дизельного палива. Запропонована методика вибору транспортного засобу для перевезення дизельного палива по критерію мінімальних витрат при перевезенні на один кілометр. Використання запропонованої методики дозволить визначити оптимальний транспортний засіб для перевезення необхідних об'ємів дизельного палива, скоротити витрати на транспортування продукції та підвищити конкурентоздатність товарів на ринку.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 06.04.2000 р. № 1644-III [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>

2. І.Г. Смирнова, Т.В. Косарева. Транспортна логістика. Навчальний посібник. - Київ, центр учбової літератури, 2008 рік., 220с.
3. Нагорний Є.В., Черниш Н.Ю., Рибанов Г.Л. Основи транспортно-експедиційного обслуговування підприємств, організацій та населення. Х.: ХНАДУ. 2003. 106 с.
4. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика. Навчальний посібник. - К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008. 272с.
5. Крикавський Є. Логістика. Основи теорії: підручник. Львів: НУ «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інституту післядипломної освіти); «Інтелект-Захід», 2004. 416с.
6. Вільковський Є.К., Бакуліч О.О. Вантажознавство. Навчальний посібник - Львів: «Інтелект-Захід», 2005, 224 с.
7. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність / В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, СМ. Шарай.. К.: КВІЦ, 2004. 174 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЗІВ СЕРІЇ ЧМЕЗ

Кара С.В. – к.т.н., kara1520mm@gmail.com
Ринковий Є.В. – здобувач вищої освіти, rinkovy_ev@gsuite.duit.edu.ua
Прокопенко П.М. – Ph.D., prokopenko1520mm@gmail.com
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

IMPROVEMENT OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF HEAT TRUCKS OF THE ЧМЕЗ SERIES

Kara S.V. – Candidate of Technical Sciences, kara1520mm@gmail.com
Rynkovyi E.V. – student, rinkovy_ev@gsuite.duit.edu.ua
Prokopenko P.M. – Ph.D., prokopenko1520mm@gmail.com
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *Renewal of rolling stock allows to significantly reduce fuel, lubricants, maintenance and repair costs. Complex programs for the renewal of locomotive traction of JSC "Ukrzaliznytsia" envisage the renewal of all types of traction rolling stock, mainly due to the supply of new locomotives, while only some part of the rolling stock is planned to be updated through modernization. But in connection with the crisis phenomena in the economy of Ukraine and the lack of funds in Ukrzaliznytsia, the urgency of renewing the locomotives of Ukrainian railways through their modernization has been increasing recently, especially this applies to the locomotive fleet.*

Keywords: *locomotive, tests, strength indicators, modernization, 3D modeling, calculations.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що на даний час, в інвентарному парку АТ «Укрзалізниця» нараховується 1246 тепловозів серії ЧМЕЗ. Під час проведення комплексних робіт з технічного діагностування несівних металевих конструкцій (рама візка та рама кузова) було встановлені однотипні дефекти в зоні кронштейнів підвішування тягових електродвигунів. Тому з метою забезпечення безперебійного виконання підрозділами АТ «Укрзалізниця» перевезень, актуальним залишається завдання з забезпечення експлуатації тягового рухомого складу. Виходячи з цього, виникає необхідність комплексних досліджень, спрямованих на обґрунтування можливості подальшої безпечної експлуатації несучих металевих конструкцій тепловозів серії ЧМЕЗ та розробка проекту модернізації пошкоджених зон рами візка.

Мета роботи - вирішення науково-практичного завдання щодо створення теоретичних та практичних положень які спрямовані посилення зон рами візка в яких виникають однотипні дефекти.

Основний текст. Однотипними дефектами рам візків є виникнення тріщин в зоні «трамвайного підвішування», а саме:

- виникнення тріщин по контуру вертикального листа «трамвайного підвішування» (рисунок 1) по зварним з'єднанням та з виходом на основний метал;
- виникнення тріщин в зоні кріплення кронштейнів тягових двигунів – рисунок 2.

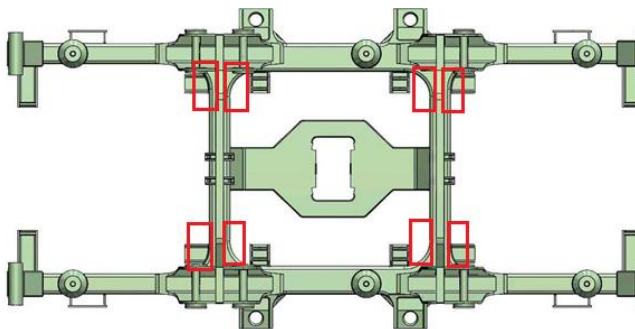


Рисунок 1 – Місця виникнення дефектів

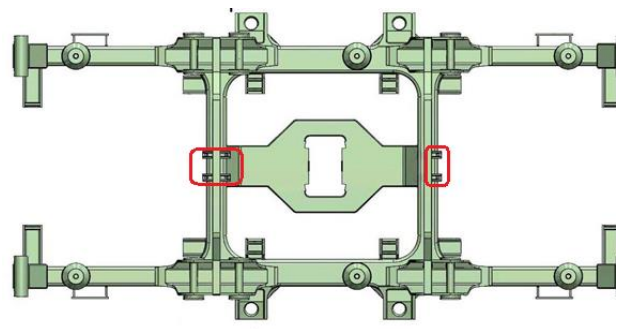


Рисунок 2 – Місця виникнення дефектів

Слід зазначити, що такі тріщини часто супроводжуються непрацездатними пружинами, які на них встановлені.

Для дослідження причин появи дефектів по контуру вертикального листа «трамвайного підвішування», виникнення тріщин в зоні кріплення кронштейнів тягових двигунів розроблено скінчено-елементна модель рами візка, з розміром кінцевих елементів 20 мм, для найбільш точного рішення задачі рисунок 3.

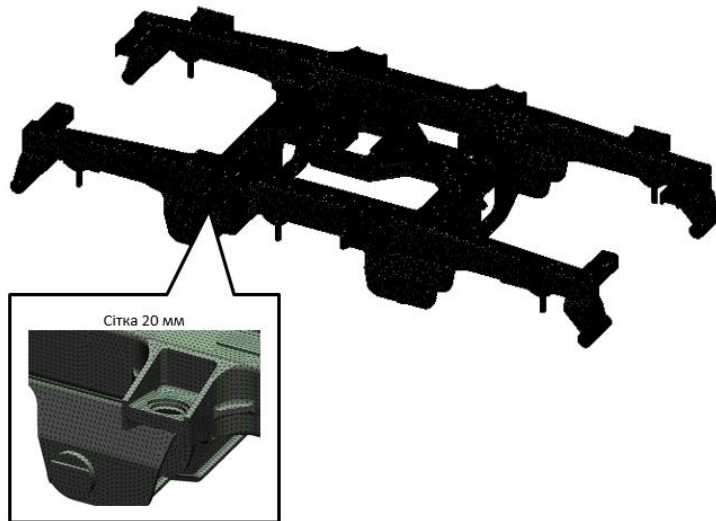


Рисунок 3 – Скінчено-елементна модель сітка - 20 мм

Розрахунки виконувалися для найбільш не вигідного можливого поєднання одночасно діючих нормативних сил виконуються у відповідності зі встановленими розрахунковими режимами Π_A та Π_B .

Режим Π_A – експлуатаційний режим, який враховує сили, діючі на візок при розгоні поїзду до конструкційної швидкості або гальмуванні з цієї швидкості при проходженні кривої.

Режим Π_B – експлуатаційний режим, який враховує сили, діючі на візок при рушанні поїзду з місця, гальмуванні з малої швидкості до зупинення.

На рисунку 4 приведено схему навантаження рами візка.

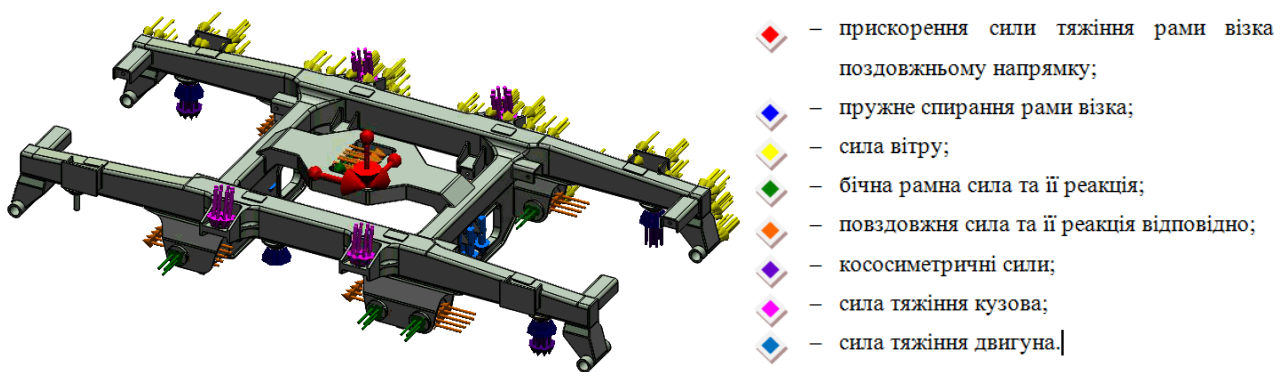


Рисунок 4 – Розрахункова модель рами візка режим Π

На рисунку 5 наведено епюру еквівалентних напружень, що виникають в рамі візка від дії нормативного навантаження за режимом Π_A . Напруження для зони обпирання електродвигуна рами візка за режимом Π_A представлені на рисунку 6.

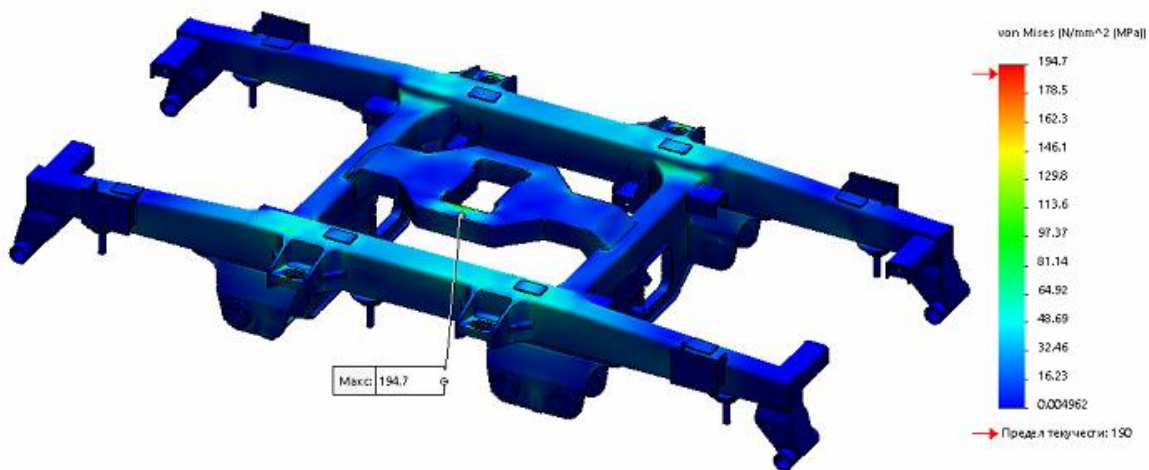


Рисунок 5 – Епюра еквівалентних напружень рами візка за режимом Π_A

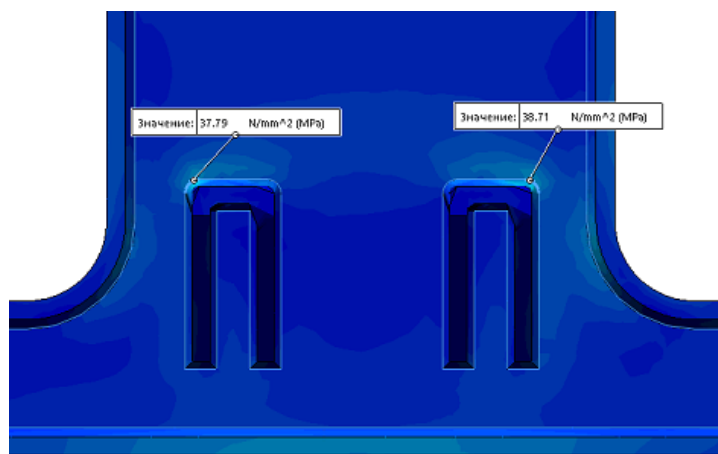


Рисунок 6 – Зона обпирання електродвигуна рами візка ЧМЕЗ в режимі Π_A

Напруження для зони обпирання електродвигуна рами візка за режимом Π_B представлені на рисунку 7.

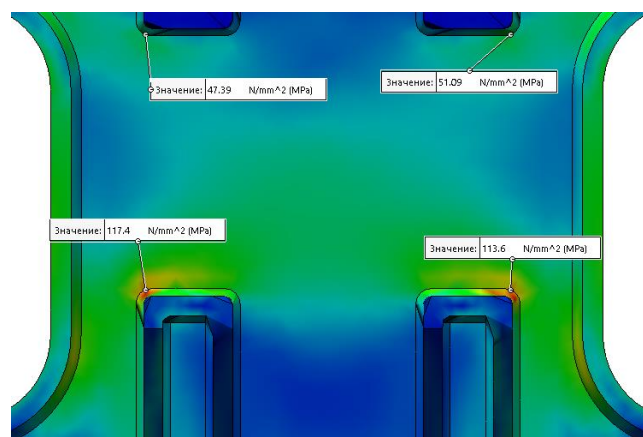


Рисунок 7 – Зона обпирання електродвигуна рами візка ЧМЕЗ в режимі Π_B

На основі проведених ходових випробувань тепловоза серії ЧМЕЗ було виконано оцінку опору втомі в дослідних зонах виникнення однотипних дефектів. Результати приведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оцінка опору втоми для рами візка при маневровій роботі

№ каналу	Параметри оцінки опору втоми					
	K_{σ}	σ_v	ψ	σ_m	n	[n]
1	7,72	15,949	0,3	6	1.56	1,6
2	7,72	12,182	0,3	6	2.03	
3	7,72	7,781	0,3	6	3.15	
4	7,72	5,133	0,3	6	4.71	
5	3,25	11,301	0,3	18	4.63	
6	3,25	10,454	0,3	18	4.95	

Висновки. На підставі отриманих результатів теоретичних та практичних досліджень показників міцності та опору втоми рами візка тепловоза серії ЧМЕЗ зроблено наступні висновки.

Мінімальні значення коефіцієнту запасу опору втоми для рами візка при маневровій роботі (рушання, удари та ін.) складає 1,56 при мінімальному рекомендованому 1,6 (нижче на 2,5%). Відхилення щодо показників запасу опору втоми рами візка на 2,5% при строку служби близько 50 років не є критичним, при цьому необхідно забезпечити неможливість створення додаткових концентраторів напружень в даній зоні шляхом заборони проведення зварювальних робіт в районі кріплень кронштейнів підвісу тягових електродвигунів. У разі виникнення тріщини в даній зоні необхідно проводити модернізацію/посилення рами візка.

Л і т е р а т у р а

1. Kelrykh, M., Fomin, O., Gerlici, J., Prokopenko, P., Kravchenko, K., Lack, T. Features of tank car testing for dangerous cargoes transportation. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 659 (012055), 2019.
2. Fomin, O., Logvinenko, O., Burlutsky, O., Rybin, A. 2018. Scientific Substantiation of Thermal Leveling for Deformations in the Car Structure. International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), 2018, p.p. 125-129.
3. Fomin, O., Burlutsky, O., Fomina, Y. Development and Application of Cataloging in Structural Design of Freight Car Building. Metall, 2, 2015, p.p.250–256.
4. Fomin, O. Increase of the Freight Wagons Ideality Degree and Prognostication of Their Evolution Stages. Naukovyi Visnyk NHU, 2, 2015, p.p. 68–76.
5. Gorbunov, M., Fomin, O., Prosivova, O., Prokopenko, P. Conceptual basis of thermo-controllability in railways braking tribopairs. Scientific Bulletin of National Mining University, 2, 2019, p.p. 58-66.

ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Катунов І.В. – магістрант, igor.katun@gmail.com
Каращук В.О. – к.т.н., доц., vogatchenko@gmail.com
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Україна, м. Дніпро

TRANSPORTATION OF LARGE CARGO REALITIES AND PROSPECTS

Katunov I.V. – master's student, igor.katun@gmail.com
Karashchuk V.O. – Ph.D., Associate Professor, vogatchenko@gmail.com
Pryazovsky State Technical University
Ukraine, Dnipro

Abstract. *Transportation of large and heavy cargo is a complex and responsible task that requires special attention to details and strict compliance with all rules and regulations. In this article, we will talk about the difficulties that transport companies face when transporting such cargoes, and what prospects for the development of this industry can be expected in the near future. Special attention is paid to the prospects for the development of transportation of oversized cargo, the possibility of using new technologies and innovations, such as process automation, the use of unmanned technologies and the development of infrastructure.*

Keywords: *large cargo, road transport, transport process, unmanned technologies, road safety.*

Постановка проблеми. Однією з основних проблем є висока вартість перевезення великогабаритних вантажів. Використання спеціальних засобів і обладнання, а також необхідність провадження додаткових заходів безпеки, вимагають значних інвестицій. Це може зробити перевезення великогабаритних вантажів недоступним для деяких компаній або збільшити вартість кінцевих продуктів для споживачів.

Іншою проблемою з якою стикаються перевізники великогабаритних вантажів - це обмеженість доступних транспортних засобів. Традиційні види транспорту, такі як вантажівки, можуть бути непридатними для перевезення великогабаритних вантажів через їх розміри та вагу. Це вимагає використання спеціалізованих засобів для перевезення та обладнання для організації навантажувально-розвантажуваних робіт, включаючи вантажівки з подовженими платформами і т. ін. Також ці вантажі через їх розміри та ваги можуть бути схильними до пошкоджень під час перевезення, особливо при проходженні нерівних доріг або при впливі погодних умов, що впливатиме на прохідність транспортного засобу та інших учасників дорожнього руху. Також

потрібне планування оптимального маршруту, який мінімізує час і витрати на перевезення.

В той же час спостерігається збільшення попиту на перевезення великогабаритних вантажів, таких як обладнання, будівельні матеріали і машини. Перевезення великогабаритних вантажів може бути пов'язана з певними ризиками, включаючи можливість пошкодження вантажу або інфраструктури, а також загрози безпеці для навколишнього середовища і суспільства. Тому необхідно приділяти велику увагу безпеці та екологічним аспектам при плануванні та проведенні таких перевезень.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз поточного стану перевезень великогабаритних вантажів, дослідження факторів, що впливають на транспортний процес перевезення та шляхи їх удосконалення.

Виклад основного матеріалу. Перевезення великогабаритних та великовагових вантажів на автотранспорті регламентується «Правилами проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами», затв. постановою Кабінету Міністрів України від 18.01.2001 року № 30 [1] та «Правилами дорожнього руху», затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 р. № 1306 [2], постановами Кабінету Міністрів України від 27.10.2023 р. № 1128 «Про внесення змін до Правил дорожнього руху» [3]. Відповідно до зазначених нормативних актів за спеціальними правилами здійснюються рух транспортних засобів та їх составів у разі, коли хоч один з їх габаритів перевищує за шириною 2,6 м, за висотою від поверхні дороги – 4 м (для контейнеровозів на встановлених Укравтодором і Державтоінспекцією маршрутах – 4,35 м), за довжиною – 22 м (для маршрутних транспортних засобів – 25 м), фактичну масу понад 38 т (на встановлених Укравтодором і Державтоінспекцією маршрутах – до 40 т; для контейнеровозів – понад 44 т, на встановлених для них маршрутах – до 46 т), навантаження на одиночну вісь - 11 т (для автобусів, тролейбусів – 11,5 т), здвоєні осі – 16 т, строєні – 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь – 11 т, здвоєні осі – 18 т, строєні – 24 т) або якщо вантаж виступає за задній габарит транспортного засобу більш як на 2 м. Осі слід вважати здвоєними або строєними, якщо відстань між ними (суміжними) не перевищує 2,5 м.

На організацію транспортного процесу перевезення великогабаритних вантажів впливає ряд факторів, це:

- обмеження на транспортування, пов'язані з розмірами і вагою вантажів (багато країн мають обмеження на максимальні розміри та вагу транспортних засобів та вантажів, що може ускладнити процес міжнародних перевезень великогабаритних вантажів);

- складність організації перевезення (процес вимагає ретельного планування та координації між різними учасниками перевізного процесу);
- висока вартість перевезення (великогабаритні вантажі вимагають використання спеціалізованого транспорту, який може бути більш дорожчим в експлуатації, що збільшує вартість перевезення);
- екологічні обмеження (деякі види вантажів можуть бути шкідливими для навколишнього середовища, що вимагає дотримання певних екологічних стандартів і норм);
- безпека перевезення (через великі габарити створюється небезпека виникнення дорожньо-транспортних пригод).

Перспективи розвитку перевезень великогабаритних вантажів пов'язані з низкою технологічних, інфраструктурних і нормативних змін. Одним з перспективних напрямків розвитку вантажних перевезень можна назвати застосування безпілотних технологій, таких як автономні вантажівки. Завдяки цьому можна істотно знизити вартість і ризики перевезень великогабаритних вантажів за рахунок автоматизації процесів і мінімізації людського фактору. Це може бути особливо актуально при перевезеннях на великі відстані і в складних умовах. Однак, для широкого впровадження таких технологій необхідно вирішити ряд технічних і законодавчих проблем, включаючи забезпечення безпеки і надійності систем, розробку ефективних алгоритмів управління і регулювання. Крім того, створення інфраструктури для зарядки та обслуговування автономних вантажівок є складним завданням, але створення ефективних і безпечних транспортних коридорів, а також розробка спеціального обладнання для навантаження і розвантаження великогабаритних вантажів може поліпшити якість і ефективність цих перевезень.

Впровадження цифрових технологій, таких як системи відстеження місцезнаходження та стану вантажів, разом з застосуванням безпілотних вантажівок може забезпечити більшу прозорість і контроль за процесом перевезення від процесу планування маршруту до розвантаження товару. Це також знижує ризик втрати або пошкодження вантажу, а також спрощує процес взаємодії з клієнтами та постачальниками. Крім того, цифрові технології можуть допомогти оптимізувати маршрути та зменшити витрати на перевезення.

Висновки. Перевезення великогабаритних вантажів – складний і відповідальний процес, який стикається з різними проблемами і викликами. Реалії цієї сфери пов'язані з обмеженнями за розмірами і вагою, складністю в організації перевезення, високими витратами і екологічними вимогами. Перспективи розвитку цього напрямку залежать від інновацій в інфраструктурі, транспорті, логістиці та автоматизації процесів, а також від підвищення енергоефективності та екологічної безпеки. Для досягнення успіху в цій галузі

необхідно продовжувати дослідження, розробку нових технологій і підвищення рівня координації між учасниками транспортної системи.

Л і т е р а т у р а

1. Правила проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами, затв. постановою КМУ від 18.01.2001 року № 30 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/30-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.11.2023) Назва з екрана.

2. Правила дорожнього руху, затв. постановою КМУ від 10.10.2001 р. № 1306 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.11.2023) Назва з екрана.

3. Постанова КМУ від 27.10.2023 р. № 1128, Про внесення змін до Правил дорожнього руху [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1128-2023-%D0%BF#n2> (дата звернення 14.11.2023) Назва з екрана.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ В ЗАХІДНОМУ РЕГІОНІ

Клецька О.В. – к.т.н., gurao@ukr.net
Каращук В.О. – к.т.н., доцент, vogatchenko@gmail.com
Самойлов В.С. – магістрант, samoylovvs@icloud.com
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
Україна, м. Дніпро

RESEARCH OF PASSENGER TRANSPORTATION IN THE WESTERN REGION

Kletska O.V. – Ph.D., gurao@ukr.net
Karaschuk V.O. – Ph.D., Associate Professor, vogatchenko@gmail.com
Samojlov V.S. – master's student, samoylovvs@icloud.com
Pryazovsky State Technical University
Ukraine, Dnipro

Abstract. An analysis of the concepts of passenger transport in regional traffic was made. Indicators that must be taken into account when forecasting passenger flows in certain regions are defined. The method of determining the probability of finding passengers on a certain tracking route is proposed. Calculations of passenger traffic in the Carpathian region for various types of transport and various carriers were performed according to this methodology.

Keywords: passenger transportation, rolling stock, passenger, mode of transport, passenger flow.

Актуальність дослідження зумовлена економією витрат на перевезення пасажирів в регіональному сполученні для західного регіону України. Одним із способів економії при перевезенні пасажирів є раціональний вибір необхідного транспортного засобу, на що і направлена дана робота.

Метою роботи є розробка методики по вибору транспортного засобу для перевезення пасажирів в регіональному сполученні. При цьому питомі витрати на перевезення пасажирів повинні бути найменшими.

Пасажирські перевезення – це є основа функціонування держави (в загальному) та регіону (в частинному), оскільки від доступності робочих місць залежить розподіл людських ресурсів на географічній карті, особливості розвитку та спеціалізація регіонів, економічні показники та соціальна доступність. Під цим впливом формуються особливі експлуатаційні властивості рухомого складу – пасажироємність, безпечність, екологічність, вимоги до гальм, прохідність транспорту, оглядовість салонів, плавність ходу, маневреність, комфортабельність та інші. Крім того на логістичну систему має вплив регіон експлуатації, напруженість потоків пасажирів, інфраструктурні можливості та наявні технічні засоби. Врахування всіх факторів стає дуже складним завданням, особливо зважаючи на змінність технічних характеристик протягом усього життєвого циклу рухомого складу, оскільки змінними в часі є не лише умови та вимоги, але і законодавчі норми, акти чи постанови місцевих органів самоврядування [1-3].

Соціальна направленість та потреба суспільства в реалізації концептів руху пасажирського транспорту ставить перед можновладцями та вченими конкретні задачі, вирішення яких відображено у нормативних документах і працях [1-10]. Логістичний аналіз транспортної системи, математичні моделі та вирішення завдань з оптимізації потоків виконано в роботі [4]. Економічна ефективність роботи транспорту, тягово-енергетичні характеристики та складові енергетичного паспорту наведено в джерелі [5]. Особливості пасажирських перевезень, її організація, вимоги та управлінські концепти наведено в праці [6]. Загальний опис конструкції пасажирського рухомого складу, розміщення пасажирів в салонах транспорту, вимоги до безпеки та екологічності наведено в ресурсі [7-8]. В роботі [9] розглянуто вимоги до автобусів в міському та міжміському сполученні, їх конструктивні особливості та методи організації роботи. Математичні моделі руху пасажиропотоків, надійність функціонування транспортної інфраструктури, вимоги до адаптивності та коефіцієнту запасу при коливаннях об'ємів перевезень наведено в джерелі [10]. Всі ці наукові публікації базуються на державних законах чи підзаконних актах [1-3], та є основою для створення їх. Однак жоден з розглянутих джерел не дає конкретної відповіді на

запитання дослідження перевезення пасажирів в міжобласному сполученні для західного регіону.

Визначення пасажирських перевезень дуже складна задача, вирішення якої повинно здійснюватися математичними методами моделювання поточної ситуації. Проте на практиці такі методи не дають змогу оцінити пасажиропотоки через їх слабку гнучкість. Саме тому необхідно вибрати дискретні або детерміновані методи для врахування потреб людей в перевізному процесі. На дане питання можливо знайти відповідь завдяки теорії ймовірності і її методам. Адже прогнозування ймовірності знаходження пасажирів на тому чи іншому маршруті дає об'єктивну картину по вибору необхідних транспортних засобів, їх місткості та тарифній політиці.

Визначення ймовірності знаходження пасажирів на певному маршруті було запропоновано виконувати враховуючи: інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті слідування пасажирів конкретного транспорту (N_i) із загальної кількості ($\sum_{j=1}^n N_j$) наявних ланцюгів n пасажиропотоків між логістичними точками; часу проходження транспортним засобом обраного маршруту (τ_i) та іншими транспортними засобами (τ_j), середнього часу проходження ($\tau_{сер}$) однією логістичною компанією та всіма перевізниками ($\tau_{серj}$); кількістю наявних вільних місць в салоні обраного транспортного засобу (q_i) та в інших транспортних засобах (q_j), середньої кількості наявних вільних місць в салоні ($q_{сер}$) однією логістичною компанією та всіх перевізників ($q_{серj}$); тарифу пересування обраним транспортним засобом (T_i) та в інших транспортних засобах (T_j), середнього тарифу подорожі ($T_{сер}$) однією логістичною компанією та всіх перевізників ($T_{серj}$). Однак соціальна відповідальність перевізників пасажирів, регіональні підзаконні акти та вимоги суспільства вимагають введення також вимог для підвищення необхідності певних маршрутів серед інших (за вартістю, часом, кількістю необхідних місць та інтенсивністю пасажиропотоків). Тому в загальній ймовірності використання того чи іншого маршруту даний аспект враховано завдяки коефіцієнтам часу на маршруті транспортним засобом (K_τ) часу на інших механічних засобах (K_{τ_j}); вільних місць на маршруті транспортним засобом (K_q) часу на інших механічних засобах (K_{qi}); тарифу на маршруті транспортним засобом (K_T) часу на інших механічних засобах (K_{Ti}). Тоді вираз для визначення ймовірності знаходження пасажирів на певному маршруті має вид:

$$P_i = \frac{N_i \cdot \tau_{cep} \cdot K_{\tau} \cdot q_{cep} \cdot K_q \cdot T_{cep} \cdot K_T}{\tau_i \cdot q_i \cdot T_i \cdot \sum_{j=1}^n \left(N_j \cdot \frac{\tau_{cep_j}}{\tau_j} \cdot K_{\tau_j} \cdot \frac{q_{cep_j}}{q_j} \cdot K_{q_j} \cdot \frac{T_{cep_j}}{T_j} \cdot K_{T_j} \right)}.$$

На практиці було розглянуто пасажирське сполучення між м. Львів та м. Стрий різними видами транспорту та перевізниками, результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Визначення ймовірності знаходження 1 пасажирів в тому чи іншому виді транспорту на плечі Львів-Стрий

№	Транспорт	Час в дорозі, хв	Ціна, грн	Ймовірність
1	Електропоїзд ЕР2 маршрут №6011	101	27	0,075
2	МБ-СПРИНТЕР_18 «АВТО-ТРАНС-ЗАХІД ПАТП»	75	150	0,063
3	МБ-СПРИНТЕР_18 «ТОВ АВТОКОМБІНАТ-1»	75	150	0,063
4	БАЗ А079.24 «ФОП Яцишин Михайло Михайлович»	85	165	0,058

Висновок. В результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що використання запропонованої методики дозволить дослідити перевезення пасажирів в міжобласному сполученні для західного регіону та розробити необхідні рекомендації по їх вдосконаленню.

Л і т е р а т у р а

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 р. № 2344-III [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>
2. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 06.04.2000 р. № 1644-III [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>
3. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 р. № 232/94-ВР [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр#Text>
4. Крикавський Є.В., Чухрай Н.І., Чорнописька Н.В. Логістика: компендіум і практикум. Навчальний посібник. К.: Кондор, 2006. 340с.
5. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність / В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, СМ. Шарай. К.: КВІЦ, 2004. 174 с.
6. Маруніч В.С., Шморгун Л.Г. та ін. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник / За ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна. К.: Міленіум, 2017. 528 с.

7. Доля В.К. Пасажирські перевезення: підручник / В.К. Доля. Харків: Видавництво «Форт», 2011. 504 с.
8. Яновський П.О. Пасажирські перевезення: Навчальний посібник / П.О. Яновський. К.: НАУ, 2008. 469 с.
9. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень в містах: Навч. посібник. К.: УТУ, 1998. 196 с.
10. Сокур І. М., Транспортна логістика: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.]/ І. М. Сокур, Л. М. Сокур, В. В. Герасимчук. К.: Центр учбової літератури, 2009. 222 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ У КОНТЕЙНЕРАХ

Кобцева А.І. – магістрант, ibzt-22zm-614@snu.edu.ua

Михайлов Є.В. – к. т. н., доцент, mihajlov@snu.edu.ua

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ*

TECHNOLOGY IMPROVEMENT TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS IN CONTAINERS

Kobtseva A.I. – master student, ibzt-22zm-614@snu.edu.ua

Mykhaylov E.V. – Ph.D., Associate Professor, mihajlov@snu.edu.ua

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The article examines the problems of increasing the efficiency of container transportation of grain cargoes. It is proposed to use special container tilters for more complete loading of containers with grain and increase the efficiency of transportation.*

Keywords: *transportation, grain cargo, technology, loading, efficiency, container tilter.*

Актуальність теми. Україна є одним з найбільших виробників та експортерів зерна у світі. Важливим фактором підвищення конкурентоспроможності вітчизняного зерна на світових ринках є ефективна логістична система його доставки від виробників у морські порти, через які до повномасштабного вторгнення РФ здійснювалося 97 % усього експорту зернових [1]. При цьому близько 70 % зернових вантажів у порти доставлялося залізничним транспортом. Разом з тим існуюча система залізничних перевезень зернових вантажів на експорт часто демонструє свою неефективність. Серед основних причин - як дефіцит справних вагонів-зерновозів, так і низька ефективність їх експлуатації. Ефективним засобом організації вантажних перевезень, зокрема, зерна, є їх контейнеризація. Використання мультимодальних контейнерних технологій забезпечує зручне транспортування

вантажів за участю декількох видів транспорту, можливість доставки «від дверей до дверей», скорочення строків та собівартості перевезення, залучення широкого кола навантажувальних пунктів [2]. Зважаючи на вищевказане, тематика роботи, що присвячена питанням підвищення ефективності контейнерних перевезень зернових вантажів, є достатньо актуальною.

Мета дослідження полягає у аналізі технологій контейнерних перевезень зернових вантажів з метою їх вдосконалення та підвищення ефективності цих перевезень.

Основний текст. При використанні контейнерної технології перевезень зернових вантажів часто виникають складнощі із повним використанням обсягу вантажного приміщення контейнера у зв'язку з використанням традиційних технологій завантаження. У теперішній час все більшого поширення знаходить прогресивна технологія виконання навантажувальних робіт при контейнерних перевезеннях насипних вантажів (різаної гуми, тріски, керамзиту та ін) та металобрухту з кантуванням контейнера вертикально. Така технологія дозволяє забезпечити повне заповнення контейнера.

Цю технологію можна поширити і на перевезення зернових вантажів. Оскільки за більшості видів контейнерних перевезень тариф встановлюється на один контейнер, застосування додаткового обладнання та заходів для більш повного його наповнення може надати економічну вигоду, особливо при дальньому експорті продукції.

Для переведення контейнера у вертикальне положення і назад неефективно використовувати кранове обладнання, так як при опусканні заповненого контейнера краном у горизонтальне положення виникає зростаючий момент сил, який не утримують гальмівні пристрої на лебідках крана. Тому потрібно використовувати спеціальне обладнання - контейнерні кантувачі [3]. Кантувач складається з міцної і надійної несучої рами і рухомої платформи, що перекидається, які здатні працювати у важких промислових і всепогодних умовах і витримувати ударні навантаження. Платформа забезпечена системою замикання контейнерів, гідравлічною системою перекидання платформи, сходами та майданчиком для огляду завантаженого вантажу та закриття дверей після навантаження до того, як контейнер буде опущений. Принцип дії та загальний вигляд контейнерного кантувача показано на рис.1.

Конструктивно кантувачі випускаються світовими виробниками в стаціонарному і мобільному варіантах, останні найпоширеніші. У наших умовах краще використання мобільних кантувачів. Значна їхня частка орендується у зарубіжних фірм-посередників. На місця вони переміщаються на залізничних платформах, бо більшість великих підприємств країни, включаючи елеватори, мають під'їзну колію.

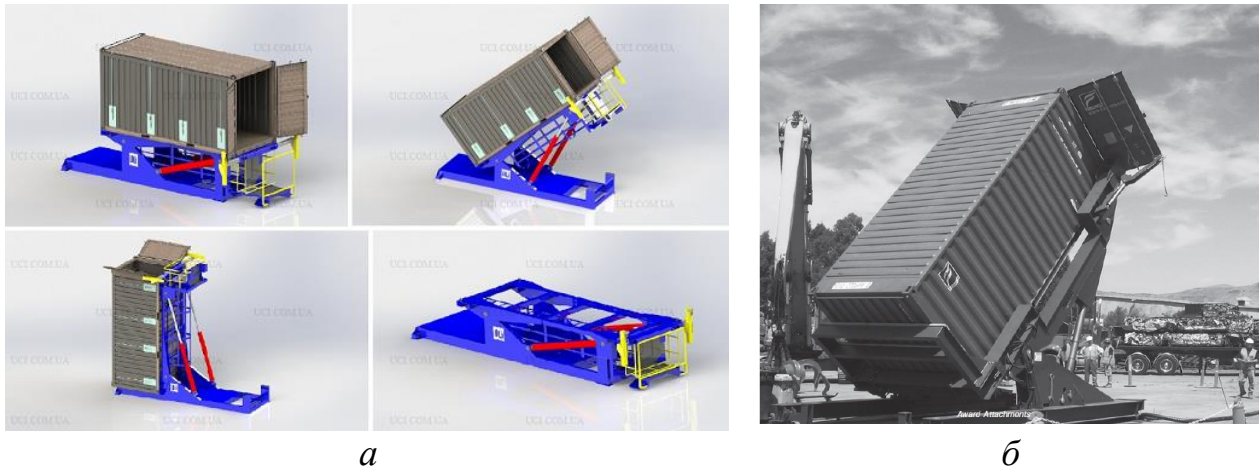


Рисунок 1 – Принцип дії (а) та загальний вигляд (б) контейнерного кантувача

Кантувач за допомогою гідравліки переводить контейнер у вертикальне положення. Зерно в контейнер конвеєром або лотком подається із бункера елеватора. Після повного заповнення спеціальні тензометричні ваги в опорах пристрою визначають масу завантаженого зерна, яка оперативно вдруковується в підготовлену документацію. Папери закріплюються на внутрішніх стулках дверей, і за допомогою тельфера або вручну встановлюється щит у дверному отворі. За командою оператора спеціальний пристрій кантувача двома додатковими гідроциліндрами закриває двері контейнера, і той переводиться в горизонтальну позицію. Проводиться пломбування дверей контейнера, і він готовий до транспортування. За такою технологією в середньому за годину кантувач може завантажити три контейнери. Стримуючим моментом є оформлення документації, якщо необхідно, щоб вона з проставленою масою нетто і покладеними підписами виявилася всередині вантажного приміщення.

Загалом використання контейнерних перекидачів для стафування насипних або навалочних вантажів дозволяє:

- Підвищити заповнюваність контейнерів, що завантажуються,
- Підвищити продуктивність вантажних/розвантажувальних робіт,
- Підвищити безпеку праці,
- Зменшити трудовитрати,
- Заощаджувати на вартості доставки продукції,
- Підвищити ефективність бізнесу та окупність інвестицій.

Для української транспортної системи характерним є переважне використання залізничного транспорту, впровадження прогресивних технологій, що має вирішальне значення з точки зору ефективності перевезень. Основна маса великих українських елеваторів, що експортують зерно, має в своєму розпорядженні залізничні під'їзні колії. В силу цього слід розробляти конструкції контейнерних кантувачів, орієнтованих на вітчизняну специфіку та роботу

підприємства в основному із залізницею.

Передбачається подача порожніх одиниць на залізничних платформах, звідки вони знімаються мостовим краном або контейнерним навантажувачем з верхнім спредером і встановлюються на кантувач. З тильного боку його рами розміщуються трап та робочий майданчик. Після розвороту у вертикальне положення з цього майданчика зручно виконувати операції з кріплення вантажу у просторі дверного отвору.

Монтаж елементів кріплення в контейнер залишається трудомісткою операцією. З огляду на це все ширше використовується конструкція полімерного вкладиша в контейнер. Усередині вкладиша вміщені додаткові поздовжні синтетичні стропи. Після засипання зерна він набуває форми внутрішнього простору контейнера, при цьому зачіпляється за його гофри. При закритих дверях така конструкція дозволяє здійснювати безпечне перевезення без щита в отворі.

Такий варіант вже апробовано в автомобільно-морському сполученні. Використання його в залізничних перевезеннях необхідно додатково перевіряти через істотно великі поздовжні прискорення, що діють на вантаж порівняно з автоперевезеннями. Тим не менш, ціною деякого посилення конструкції поздовжніх строп, що приймають на себе поздовжнє навантаження при зміщенні вантажу, можна очікувати, що позитивні результати будуть отримані і для колії 1520 мм, де допустимі поздовжні прискорення на вантаж в 4g, в той час як кордоном цей параметр становить 2g .

Мобільний кантувач контейнерів надає можливість також і швидкого вивантаження зерна з контейнера у бункер.

Приклад розрахунку економії транспортних витрат при використанні контейнерного кантувача:

- заповнюваність контейнерів при горизонтальному навантаженні контейнерів - 85%;
- заповнюваність контейнерів при вертикальному навантаженні контейнерів за допомогою перекидача - 100%;
- кількість контейнерів - 1000 шт./рік;
- вартість контейнерних перевезень - 2500 євро/контейнер;
- разом річна економія: $1000 * 2500 * 15\% = 375000$ євро;
- вартість контейнерного кантувача - 60000 євро;
- прибуток від впровадження нової технології - $375000 - 60000 = 315000$ євро.

Висновки. З вищевикладеного можна встановити, що відпрацьовані на міжнародних лініях ефективні логістичні технології доцільно ширше впроваджувати як для внутрішніх, так і для експортних перевезень зернових

вантажів в універсальних великотоннажних контейнерах. Це також дозволить підвищити ефективність таких перевезень за рахунок більш повного використання корисного обсягу вантажного приміщення контейнерів та знизити потребу в дефіцитних вагонах-зерновозах у пікові періоди масових переміщень насипних вантажів у прямих та змішаних сполученнях.

Л і т е р а т у р а

1. Колодійчук, В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки: монографія / В. А. Колодійчук. Львів: Український бестселер, 2015. 574 с.
2. Соколов, А. Перспективы экспорта зерновых в контейнерах [Електронний ресурс] / А. Соколов // Порты Украины, 2010. № 09. Режим доступа: <http://portsukraine.com/node/1568>.
3. Контейнерний кантувач TOP-20. [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://kobzarenko.com.ua/produkcija/zavantazhuvach-vagonv-barzh-kovcheg/581-kantuvach-tor-20.html>

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Кузнєцов Д.Г. – магістрант, kuznietsovd78@gmail.com

Клюєв С.О. – к.т.н., доц., kliuiev@snu.edu.ua

*Східноукраїнський Національний Університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ*

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF FREIGHT TRANSPORTATION BY RAIL

Kuznietsov D.H. – master's student, kuznietsovd78@gmail.com

Kliuiev S.O. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, kliuiev@snu.edu.ua
*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The study of freight transportation by rail makes it possible to assert that this component of the transport complex is an important segment for the economy of Ukraine. The state of freight transportation on railway transport is analyzed and the innovative development of the system in today's difficult conditions is considered. It was found that the insufficiently developed cargo transportation management system, the state of its production and technical base, and the technological level in many parameters do not meet the growing needs of society. The innovative development of freight transportation in the direction of improving the structure of transport and logistics systems, production, marketing, financial, security, management, etc., is promising.*

Keywords: *innovations, innovative development, cargo transportation, infrastructure, state policy*

Актуальність дослідження. В умовах динамічного розвитку сучасного суспільства, глобалізації світової економіки, активізації зовнішньоекономічних торгівельних відносин, зумовлюють визначальну роль та місце інновацій у забезпеченні конкурентоспроможності національної транспортної системи вантажних перевезень на залізничному транспорті України та створення реальних можливостей її інтеграції до європейської транспортної системи.

Головне завдання держави у сфері інноваційного розвитку вантажних перевезень полягає у створенні умов для економічного зростання, підвищення конкурентоспроможності національної економіки та якості життя населення через забезпечення доступу до безпечних і сучасних вантажних перевезень, перетворення географічних особливостей країни на її конкурентні переваги. Стратегічною метою інноваційного розвитку вантажних перевезень є задоволення потреб економіки і суспільства в конкурентноспроможних транспортних послугах.

Досягнення цієї стратегічної мети може бути забезпечено завдяки ефективному розвитку конкурентного середовища у вантажних перевезень на залізничному транспорті, досягненню передового рівня розвитку техніки та технології, посиленню уваги до соціальних, екологічних та безпекових факторів.

Метою роботи є визначення пріоритетні напрями розвитку вантажних перевезень, за якими Україна може отримати додаткові вигоди, раціонально використовуючи наявні ресурси.

Упродовж останнього часу вантажні перевезення на залізничному транспорті піддається впливу багатьох факторів, які впливають не тільки на її розвиток, а й на функціонування в цілому. Військові дії, стан виробничо-технічної бази, технологічний рівень організації перевезень не відповідають потребам суспільства та європейським стандартам надання транспортних послуг. Також скорочення обсягів перевезень пов'язане з критичним станом інфраструктури та рухомого складу, що заважає доставляти вантажі швидко, вчасно, зручно та безпечно.

Через територію України проходять 2 мультимодальні коридори Трансєвропейської транспортної мережі, та один маршрут Транспортного коридору Європа-Кавказ-Азія.

Основні переваги перевезень вантажів залізничним транспортом:

- можливість доставки вантажів практично в будь-яку погоду;
- низька собівартість транспортування вантажів;
- велика провізна спроможність рухомого складу, пунктів терміналів;
- регулярність перевезень і стійкі транспортні зв'язки між регіонами країни;
- готовність до роботи в будь-який момент часу;
- зручна і проста організація завантажувальних та розвантажувальних робіт;

- мінімальна тривалість перевезення при відстанях, більших за 500 км;
- екологічність, при порівнянні з іншими видами транспорту;
- безпека перевезень.

Основні недоліки перевезень вантажів залізничним транспортом:

- недостатньо висока швидкість перевезення вантажів на невеликих відстанях;
- монополізація ринку України одним оператором і недостатня кількість незалежних перевізників;
- існують ризики розкрадання та втрат вантажу;
- зношеність рухомого складу;
- низька транспортна доступність досить великої частки вантажоотримувачів та вантажовідправників;
- незадовільний технічний і санітарний стан вагонів;
- відсутність необхідної кількості робочого парку локомотивів, як магістральних, так і маневрових, що призводить до значного збільшення часу, необхідного для прямування рухомого складу як в навантаженому, так і в порожньому станах;
- порушення строків доставки;
- недосконале планування перевезень;
- низька пропускна спроможність прикордонних переходів.

Тобто, основними проблемами вантажних перевезень є:

- технологічне відставання транспорту та інфраструктури;
- низький рівень впровадження сучасних технологій;
- реалізація інноваційної політики в цій галузі.

Фактори, які впливають на розвиток вантажних перевезень залізничним транспортом: технічні, фінансово-економічні, соціальні, політичні, екологічні.

Пропозиції щодо покращення якості та ефективності вантажних перевезень залізничним транспортом:

- запровадження державних програм щодо оновлення рухомого складу;
- утримання локомотивного парку локомотивів у необхідній кількості, оновлення локомотивного парку до необхідної кількості, що відповідає наявним обсягам перевезення вантажів;
- демонополізація ринку локомотивної тяги;
- приведення у відповідність норм показників швидкості руху рухомого складу на коліях загального користування;
- впровадження конкурентного ринку перевезень;
- створення регулятора ринку вантажних перевезень;
- впровадження сучасної системи безпеки руху;

- встановлення правових основ технічного регулювання для забезпечення інтероперабельності;
- забезпечення суспільно важливих перевезень;
- впровадження ефективних систем управління та адміністрування;
- впровадження систем ШІ, які дозволяють в режимі реального часу проводити моніторинг усіх систем залізниці і залізничного транспорту;
- підвищення швидкості доставки вантажів;
- розвиток контейнерних перевезень (у 2018 році в Україні рівень контейнеризації близько 1%, в той час як в країнах ЄС - близько 45%);
- реконструкція існуючих станцій з метою підвищення вантажопотоку;
- підвищення рівня екологічної безпеки під час перевезень та завантажувально-розвантажувальних робіт та тимчасового зберігання вантажів у вагонах;
- розвиток вантажних перевезень з максимальним завантаженням;
- вдосконалення системи електропостачання.

На жаль, створений ще за радянських часів запас технічних ресурсів галузі (інфраструктури, рухомого складу) практично вичерпано і існує реальна загроза втрати її стійкості. Бойові дії на території нашої держави також вносять свої корективи. Залізничний транспорт вимагає для свого розвитку великого об'єму довготривалих інвестицій, і з кожним роком цей об'єм буде тільки збільшуватися. Можливості держави обмежені, власні ресурси підприємства практично вичерпані, більшість інвесторів не вважають доцільним вкладання коштів на даний момент (окрім деяких локальних проектів).

Також, ринкові механізми не стали основним регулятором цієї галузі. Механізми конкуренції незалежних транспортних підприємств є слаборозвиненими, а державне регулювання ринку транспортних послуг – недостатньо ефективним. Монополія у потенційно-конкурентних сегментах перевезень на залізничному транспорті досі зберігається, а наявна система управління призводить до незадовільних результатів роботи та збитковості.

Розвиток залізничного господарства України відбувається значною мірою за інерцією, не спрямований на досягнення конкретних і обґрунтованих цілей, стратегії розвитку на середньострокову перспективу відсутні.

Структурні реформи відбуваються вкрай повільно, ба більше – в деяких підгалузях вони практично заблоковані. Така ситуація унеможливорює своєчасне розмежування функцій державного і господарського управління, гальмуючи процеси формування прогресивної виробничо-технологічної системи залізниці і не дає змогу отримати паритетний доступ до ринку вантажних перевезень конкурентам (приватним компаніям).

Висновок. Доводиться констатувати (враховуючи всі факти), що на даний момент ця частина транспортного сектору перетворюється для держави чинником ризику, прогнозування якого вкрай ускладнене. Якщо зволікання із запровадженнями ефективних засобів (інноваційний розвиток, як складова цих засобів) продовжиться, то існує ризик ймовірної неспроможності галузі забезпечити потреби економічного зростання країни. Також існують ризики повної втрати конкурентоспроможності національної транспортної системи України, які вплинуть на здатність обслуговувати основні транснаціональні та трансконтинентальні вантажопотоки між Заходом і Сходом. Військові дії сприяють остаточній втраті транзитного потенціалу.

Для покращення ситуації необхідно: створити національну комісію, що здійснює державне регулювання в сфері транспорту та передбачити прозорість та публічність її діяльності; законодавчо сприяти впровадженню конкурентних умов на ринках залізничних перевезень; відновлення практики обов'язкового погодження та схвалення КМУ змін до тарифної політики Укрзалізниці; залучити приватні вантажні магістральні локомотиви до залізничних перевезень; забезпечити відкритий, прозорий доступ вантажовідправників до вагонів та їх розподілу; забезпечити відкритий, прозорий доступ суб'єктів господарювання до об'єктів інфраструктури незалежно від того, чиїми вагонами вони користуються; забезпечити раціональне використання рухомого складу з метою мінімізації невиробничих простоїв; зменшити кількість адміністративного персоналу, вдосконалити роботу Наглядової ради та Правління.

Л і т е р а т у р а

1. Бакалінський О.В. Маркетингове забезпечення впровадження перспективних видів залізничного рухомого складу. Монографія / О. В. Бакалінський. К.: ДЕТУТ, 2012. 268 с.
2. Стратегія відновлення життєздатності залізниць у країнах Європейського співтовариства: Офіційний документ «Біла книга» //Комісія Європейського співтовариства. Брюссель, 30.07.2016 СОМ (96) 421, остаточна редакція.
3. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2020 році, вид.5. К. Наукова думка, 2020, с. 97-103.
4. Укрзалізниця. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uz.gov.ua/cargo_transportation/
5. Статистичні дані про Українські залізниці. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://mtu.gov.ua/content/-statistichni – dani – pro – ukrainski – zalznici.html](http://mtu.gov.ua/content/-statistichni-dani-pro-ukrainski-zalznici.html)
6. Головкова Л. С. Забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту України в умовах євроінтеграції / Л. С. Головкова, Г. В. Омельчак // Проблеми економіки транспорту: зб. наук. праць ДНУ залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2014. Вип. 7. С. 8-87. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpdnuzt_pet_2014_7_13
7. Макаренко М. В. Проблеми та основні напрямки реформування залізничного транспорту України [Текст]: навч. посіб. / М. В. Макаренко, Ю. М. Цветов та ін. К.: КУЕТТ, 2007. 222 с.

УПРАВЛІННЯ ПОШУКОМ НАДВОДНИХ ТА ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ГІБРИДНИМ РОБОТИЗОВАНИМ КОМПЛЕКСОМ

Левченко О.В. – здобувачка ступеня PhD, olevchenko76@gmail.com

Боріна М.В. – здобувачка ступеня PhD, margo_borina@ukr.net

Київський інститут водного транспорту і мені гетьмана Петра

Конашевича-Сагайдачного

Державного університету інфраструктури та технологій

України, м. Київ

CONTROLLING THE SEARCH FOR SURFACE AND UNDERWATER OBJECTS BY A HYBRID ROBOTIC COMPLEX

Levchenko O.V. – Postgraduate student, olevchenko76@gmail.com

Borina M.V. – Postgraduate student, margo_borina@ukr.net

Hetman Petro Konashevych-Sahaidachnyi Kyiv Institute of Water Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper solves the problem of organising the management of searching for surface and underwater objects by a hybrid robotic complex, namely, building a route in the area of interest as an optimal spline trajectory of a moving object. The possibility of constructing a navigation function through the effective use of the curvature of the spline trajectory as a reproductive template for constructing an axonometric projection is determined. The developed algorithm for constructing a search route for a hybrid robotic complex allows automated formation of spline trajectories in real time with synchronous submission of information about the parameters of the route to the control system of the hybrid robotic complex.*

Keywords: *search at sea, surface object, underwater object, hybrid robotic complex, autonomous unmanned underwater vehicle, unmanned search vessel.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що роботизовані комплекси стають важливим інструментом для морських операцій з пошуку надводних та/або підводних об'єктів [1].

Метою дослідження є проведення аналізу методів управління пошуком надводних та підводних об'єктів гібридним роботизованим комплексом

До основних переваг цього комплексу можна віднести:

- високу продуктивність надводних та підводних пошукових робіт, оскільки вони виконуються на великих за площею акваторіях із залученням роботизованих апаратів, причому їх кількість може змінюватись у залежності від вимог до загальної тривалості пошукової операції;

- низькі фінансові витрати на проведення морських операцій, оскільки для їх проведення застосовують дешеві АНПА, собівартість створення яких на 2-3 порядки нижча за собівартість традиційних АНПА малого класу.

До основних недоліків застосування гібридного роботизованого комплексу можна віднести:

- складність автоматизації узгодженої роботи апаратів, що входять до складу гібридного роботизованого комплексу при виконанні спільної пошукової операції;
- складність розробки системи автоматичного попередження аварійних ситуацій в умовах складної навігаційної обстановки;
- складність організації системи зв'язку між елементами комплексу та береговим центрами керування пошуковою операцією;
- ризики втрати частини апаратів гібридного роботизованого комплексу внаслідок впливу факторів навігаційної обстановки, збоїв програмного забезпечення системи автоматизованого управління чи технічних відмов окремих апаратів.

Складність управління гібридним роботизованим комплексом полягає в оперативному плануванні безпечного маршруту руху у процесі пошуку надводних та/або підводних об'єктів. Це накладає необхідність врахування множини параметрів при побудові маршруту зі зміною районів пошуку, із забезпеченням оперативності та безпеки пошукової операції. Відомі методи планування маршруту або мають високу обчислювальну складність, або не дозволяють знайти траєкторію, оптимальну за довжиною шляху. Це не дозволяє використовувати їх в системах, де необхідно планування маршруту в режимі реального часу з умовою мінімізації переміщення.

Геометричне зображення маршруту руху гібридного роботизованого комплексу на основі підходу інтерполяції кубічними сплайнами може мати вигляд, що зображено на рис. 1 [2].

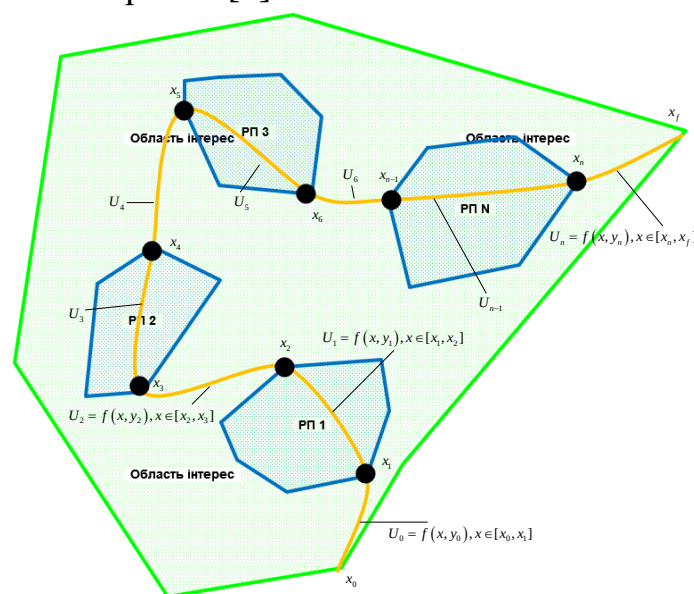


Рис. 1 – Геометрична інтерпретація синтезу маршруту руху гібридного роботизованого комплексу

Висновок. У ході дослідження удосконалено метод управління пошуком надводних та підводних об'єктів гібридним роботизованим комплексом, в якому формалізація етапів планування маршруту руху гібридного роботизованого комплексу та процесів обробки інформації, прогнозування навігаційної обстановки та вибору стратегії запобігання небезпечних ситуації, дозволяє автоматизувати процес пошукової операції на всіх трьох рівнях CoCoRo. Розроблений алгоритм побудови маршруту пошуку для гібридного роботизованого комплексу на основі інтерполяції кубічними сплайнами дозволяє прецизійно оцінювати оптимізацію маршруту руху гібридного роботизованого комплексу у складній навігаційній обстановці за рахунок ефективного контролю відстані до навігаційних небезпек та точок маршруту.

Л і т е р а т у р а

1. Unmanned Underwater Vehicle (UUV) Information / Y. Allard E. Shahbazian // Defence Research & Development Canada, Atlantic Research Centre, OODA Technologies Inc. 2014.78с.
2. Левченко О.В., Боріна М.В. Удосконалення методу управління пошуком надводних та підводних об'єктів гібридним роботизованим комплексом. Вісник приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. № 46. 2023. С. 137-148.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО КОНТЕЙНЕРНОГО СУДНА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЩОДО НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

Любарець І.О. – аспірант, Ilyubarec@gmail.com
Давидов В.С. – к.т.н., доцент, vladimir.s.davydov@gmail.com
Київський інститут водного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

APPLICATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF MOVEMENT OF A LARGE-SCALE CONTAINER SHIP USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO DETERMINE THE CRITERIA FOR SAFE NAVIGATION OF THE SHIP

Liubarets I.O. – PhD Student, Ilyubarec@gmail.com
Davydov V.S. – Candidate of Engineering Sciences, Associate professor,
vladimir.s.davydov@gmail.com
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The study addresses the complexity and responsibility associated with operating modern ultra large container ships. Recognizing the challenges of information overload and fatigue for ship operators, the research proposes the use of artificial intelligence (AI) and a mathematical model of vessel movement to determine safety criteria for navigation. The goal is to alleviate the cognitive burden on seafarers by automating the analysis of diverse parameters influencing safe navigation. The proposed AI system, based on rule-based algorithms, aims to provide precise and comprehensive safety assessments, considering various technical, operational, and environmental factors. The study emphasizes the potential of AI in reducing human error and enhancing decision-making for optimal navigation and safety in challenging maritime conditions.*

Keywords: *artificial intelligence, containerships, mathematical model, safety, navigation*

Актуальність теми. Сучасне судно - надзвичайно складна інженерна споруда. Безумовно, експлуатація судна вимагає від судноводіїв повної концентрації уваги та ефективного застосування професійних навичок [1]. Логічно, що чим більше та складніше судно, тим більше факторів потрібно враховувати, задля того, аби можливо було адекватно визначити ступінь безпеки його плавання. Для забезпечення безпеки плавання великотоннажних суден контейнеровозів по запланованій траєкторії руху необхідно врахувати значну кількість різномірної інформації з безліччю різних параметрів (постійно змінювану вітрильність, підводний об'єм судна, швидкість і напрямок вітру та течії та ін.), які після відповідної математичної обробки перетворюються на інформаційні дані та керуючі сигнали при вирішенні завдань навігації та

управління. Проте, постійне слідкування за великою кількістю інформації, особливо при плаванні в скрутних умовах, призводить до розсіювання уваги, що в результаті може призвести до того, що дійсно важливі речі залишаються неврахованими і оцінка безпеки плавання судноводієм буде неповною. В ході експериментів у ряді випадків, пов'язаних з підвищеним загостренням навігаційної обстановки, особливо при негативному впливі відповідних факторів, підтвердилися основні ознаки, які свідчать про втому та втрату впевненості у своїх діях з боку судноводіїв [2]. Відповідно, втома судноводія, саме на етапі оцінки ситуації, призводить вже до прийняття ним неправильних рішень про керуючі сигнали, а невпевненість змушує сумніватись та змінювати рішення, які спочатку навіть могли бути правильними. Рішення прийняті на підставі невірної оцінки безпеки плавання часто призводять до катастрофічних наслідків [3].

Метою дослідження є пропозиція використання математичної моделі руху великогабаритного контейнерного судна штучним інтелектом (ШІ) для вироблення оптимальних рішень щодо навігації та управління судном.

Отже, для того аби прийняти відповідні керуючі сигнали для проведення судна запланованою траєкторією плавання, судноводію необхідно врахувати велику кількість різномірної інформації. Взагалі, чим більше інформації відомо, тим, здавалося б, краще, для прийняття рішень, проте коли інформації занадто багато, та до того ж, коли вона постійно змінюється – це призводить до перевантаження уваги та втоми судноводія.

Для прикладу, розглянемо модель забезпечення безпечного руху великотоннажних суден контейнеровозів по запланованій траєкторії руху на циркуляції в мілководних стиснених умовах що визначається цільовою функцією ($F(T)$) та її показниками ефективності (α) від сукупності параметрів (Y) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] [4]:

$$Y \in Z = \{F(T), \alpha \in G\}, \quad (1)$$

$$Y = Y(\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3, \bar{A}_4, \bar{A}_5, \bar{A}_6, \bar{A}_7, \bar{A}_8, \bar{A}_9, \bar{A}_{10}, \bar{A}_{11}), \quad (2)$$

де $\bar{A}_1$ – основні техніко-експлуатаційні характеристики судна;

$\bar{A}_2$ – інерційно-гальмівні параметри судна;

$\bar{A}_3$ – параметри стійкості судна на циркуляції;

$\bar{A}_4$ – параметри повороткості судна;

$\bar{A}_5$ – параметри розташування носа і корми судна на траєкторії руху;

$\bar{A}_6$ – параметри розташування об'єктів в електронній базі ЕКНІС і кінця координатного курсору;

$\bar{A}_7$ – параметри гідрологічної обстановки;

$\bar{A}_8$ – параметри гідрометеорологічних умов;

$\bar{A}_9$ – параметри основних суднових та берегових засобів визначення місця розташування судна на траєкторії руху;

$\bar{A}_{10}$ – параметри зносу судна із запланованої траєкторії циркуляції під впливом накопиченого чинного моменту інерції;

$\bar{A}_{11}$ – параметри роботи буксирів і підрулюючих пристроїв.

З залежності (2) стає зрозуміло, що швидко врахувати сукупність всіх параметрів та оцінити їх вплив на безпеку судна судноводію буде дуже важко. Саме тут може стати корисним ШІ на основі правил. Системи ШІ на основі правил запрограмовані за допомогою набору правил або операторів if-then, які дозволяють їм ухвалювати рішення на основі конкретних умов. Перш за все, потрібно запрограмувати основні розміри, маневрені та транспортно-технічні характеристики судна, які вже відомі на етапі спуску судна на воду (довжину, ширину, підводний об'єм для різних варіантів завантаження, швидкість, радіус циркуляції, коефіцієнт повноти та ін..) оскільки вони не потребують постійного спостереження, та є відносно статичними. Для знаходження всіх інших параметрів, ШІ потрібно навчити. Найпростіший приклад роботи ШІ може виглядати наступним чином:

1. ШІ отримує інформацію про курс та швидкість судна з GPS;

2. ШІ прораховує майбутню лінію шляху судна та аналізує глибини та навігаційні небезпеки та інші дані з електронної карти – параметри $\bar{A}_5$, $\bar{A}_6$, $\bar{A}_9$;

3. ШІ отримує дані з барометру, термометру, анемометру, а також прогнози погоди з NAVTEX та інших джерел та вираховує параметри $\bar{A}_7$, $\bar{A}_8$;

4. ШІ отримує дані з засобів автоматичної радіо прокладки;

5. ШІ отримує дані з вантажної програми (дані про метacentричну висоту, кількість баласту, осадку судна, висоту борту, кількість вантажу та ін.) та зі знанням вже запрограмованих даних, ШІ розраховує параметри $\bar{A}_1$, $\bar{A}_2$, $\bar{A}_3$, $\bar{A}_4$, $\bar{A}_5$ та $\bar{A}_{10}$;

6. За необхідності, судноводій вручну вносить параметри $\bar{A}_{11}$;

7. ШІ виробляє відповідні найоптимальніші керуючі сигнали, які можуть бути просто порадою судноводію (експертна система), або ж напрямку подавати ці сигнали на органи управління судном (сильний штучний інтелект).

Висновок. Актуальність дослідження обумовлена складністю та високою відповідальністю експлуатації сучасних великогабаритних контейнерних суден. Судноводіям необхідно постійно враховувати та аналізувати велику кількість різноманітної інформації для забезпечення безпеки плавання. Проте,

перевантаження уваги та втома судноводія можуть призвести до неправильних рішень та недостатньої оцінки безпеки плавання.

Запропонована математична модель враховує різноманітні техніко-експлуатаційні та гідрометеорологічні параметри судна, що сприяє більш точному та комплексному визначенню оптимальних рішень щодо навігації та управління судном. Використання штучного інтелекту дозволить зменшити навантаження на судноводія та забезпечити ефективне управління судном навіть у складних навігаційних умовах.

Вироблені керуючі сигнали, отримані за допомогою системи штучного інтелекту, зможуть слугувати як порада судноводію, так і давати сигнали органам управління судном, забезпечуючи оптимальну траєкторію руху та максимальну безпеку плавання. Такий підхід до навігації та управління може допомогти уникнути неправильних рішень та забезпечити високий рівень безпеки при експлуатації великогабаритних контейнерних суден.

Л і т е р а т у р а

1. Jasna Prpić-Oršić, Joško Parunov, Igor Šikić, Operation of ULCS - real life, Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng. (2014) 6:1014~1023, <http://dx.doi.org/10.2478/IJNAOE-2013-0228>, pISSN: 2092-6782.

2. А. П. Бень, П. С. Носов, С. М. Зінченко, І. С. Попович, Аналіз втоми навігаторів як фактору впливу на ергатичні системи управління судном, УДК 004:656.61.052, 2021.

3. European Maritime Safety Agency, Annual overview of marine casualties and incidents 2021, 2022, Praça Europa 4, Lisbon Portugal Ares(2022). P.1-14.

4. Давидов В.С., Кліндухова В.М., Ляшко О.В., Любарець І.О., Про створення математичної моделі руху великогабаритного контейнерного судна у мілководному стиснутому районі в складних навігаційно-гідрографічних і гідрометеорологічних умовах плавання. *Збірник Водний Транспорт* Вип. 2(38), 2023. С. 40-51.

ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Маленко М.О. – магістр, malenko_mo@gsuite.duit.edu.ua

Жаман О.О. – магістр, zhaman_oo@gsuite.duit.edu.ua

Сорока О.О. – ст. викладач, soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

REVIEW OF ADVANCED METHODS AND DIAGNOSTIC MEANS FOR RAILWAY SUBGRADE

Malenko M.O. – Master's degree, malenko_mo@gsuite.duit.edu.ua

Zhaman O.O. – Master's degree, zhaman_oo@gsuite.duit.edu.ua

Soroka O.O. – Senior Lecturer, soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The paper presents a review of promising means and methods of subgrade diagnostics. Each of the diagnostic methods is briefly characterized. The subgrade diagnostics system is based on the use of both traditional and new geophysical methods, modern measuring equipment and computer technologies. Different diagnostic methods are used depending on the tasks set and the type of observations: preliminary, detailed and regime.*

Keywords: *subgrade, diagnostics, traditional methods, geophysical methods, mobile complexes*

Актуальність дослідження. Земляне полотно є несучою конструкцією та відповідальним елементом залізничної колії, так як слугує фундаментом для верхньої будови колії. Тому від стану земляного полотна та його надійності залежать технічна швидкість руху поїздів і допустимі навантаження на рейки, які передаються від колісних пар рухомого складу [1, 2].

Метою роботи є проведення оглядового аналізу методів та засобів діагностики стану залізничного земляного полотна.

Система діагностики земляного полотна ґрунтується на застосуванні як традиційних, так і нових геофізичних методів, сучасної вимірювальної апаратури та комп'ютерних технологій (рисунок). У системі діагностики також використовуються спеціально розроблені пересувні діагностичні лабораторії. Основу системи діагностики земляного полотна становлять геофізичні методи, які засновані на вивченні аномалій фізичних полів, зумовлених зміною літологічної будови земляного полотна, відмінністю фізико-механічних властивостей ґрунтів.



Рисунок – Методи діагностики земляного полотна

Фізичні поля в земляному полотні виникають від впливів: постійного або змінного електричного струму через забиті в ґрунт електроди (електрометричний метод і метод електроконтактного динамічного зондування); випромінювання електромагнітних високочастотних сигналів (радіолокаційний метод); ударних навантажень типу молота по ґрунту (сейсмічний метод); рухомого складу (вібраційний метод).

Нижче наведено коротку характеристику геофізичних методів.

Електрометричний метод. Заснований на вивченні опору різних ґрунтів електричному струму, що проходить через них. Як діагностичну ознаку прийнято питомий електричний опір. Залежність від складу, властивостей і стану різних ґрунтів служить фізичною основою для застосування електрометричного методу. Найбільш широко застосовувані схеми спостережень: вертикальне електричне зондування і електропрофілювання.

Метод електроконтактного динамічного зондування поєднує два способи одночасного дослідження ґрунтів: динамічне зондування і струмовий каротаж. Для досліджень застосовують спеціальну установку, за допомогою якої за зміною величини струму встановлюють глибину залягання різних шарів ґрунту,

а за результатами динамічного зондування визначають їхні характеристики міцності.

Радіолокаційний метод заснований на вивченні параметрів електромагнітних хвиль (швидкість розповсюдження і коефіцієнт поглинання), що виникають у ґрунтах від імпульсного впливу високочастотного генератора. Під час радіолокаційного методу не потрібен контакт антен із поверхнею ґрунту, як в інших геофізичних методах, тому його можна виконувати з пересувних одиниць, що забезпечує швидкісну діагностику протяжних ділянок земляного полотна. Георадаром можливе проведення діагностики будови основної площадки земляного полотна (наявність баластних заглиблень), дослідження будови приукісних частин насипів, визначення меж торф'яних ґрунтів у основі насипів на болотах, а також меж розташування мерзлих ґрунтів [4].

Фізичною передумовою сейсмічного застосування цього методу є відмінність швидкостей поширення поздовжніх і поперечних пружних хвиль, пов'язаних із наявністю в земляному полотні літологічних кордонів і відмінністю властивостей і стану ґрунту. Використовують дві методики спостережень: поздовжнього сейсмічного профілювання і поперечного сейсмічного просвічування. Сейсмічний метод є найбільш інформативним серед інших геофізичних методів за своїми можливостями і колом розв'язуваних діагностичних завдань.

Вібраційний метод. Заснований на використанні вібрацій ґрунту насипів, що виникають від впливу рухомого складу. Певному стану експлуатованих насипів відповідає група діагностичних ознак динамічного процесу, що є передумовою застосування вібраційного методу.

Для комплексного використання різних методів використовують пересувний вагон-лабораторію, який оснащений сучасними приладами та обладнанням, що дають змогу виконувати комплексну діагностику земляного полотна із застосуванням як традиційних, так і геофізичних методів.

Різні методи діагностики застосовують залежно від поставлених завдань і виду спостережень: попередні, детальні та режимні.

Традиційні методи можуть використовуватися за потреби на різних стадіях діагностики земляного полотна. Пересувні діагностичні комплекси у вигляді еталонних навантажувальних лабораторій, колієвимірювальні вагони-лабораторії, зокрема з радіолокаційними комплексами, застосовують під час попередньої діагностики та під час режимних спостережень. Діагностичні дослідження перерахованими комплексами виконуються з рейкової колії та охоплюють тільки робочу зону земляного полотна на глибину не більше 3-4 м.

Геофізичні методи, як правило, застосовують під час детальної діагностики, коли необхідно отримати найповнішу та найконкретнішу інформацію про стан земляного полотна із зазначенням виду та розмірів наявних деформацій.

Діагностика основного майданчика. Сейсмічним методом і на окремих ділянках для детальнішого поділу шарів ґрунту методом електроконтактного динамічного зондування визначають: поглиблення в основному майданчику у вигляді баластних корит, лож, мішків, а також виокремлюють водонасичені та ослаблені за міцністю зони ґрунту.

Діагностика насипів із глинистих ґрунтів. Сейсмічним і електрометричним методами на укосах насипів встановлюють потужність баластних шлейфів; методом електроконтактного динамічного зондування виокремлюють на укосах окремі ослаблені за міцністю шари ґрунту, за якими можливі деформації насипу. Сейсмічним і електрометричним методами і в деяких випадках методом електроконтактного динамічного зондування розділяють ґрунти тіла насипу за їхнім виглядом і станом, виявляють і оконтурюють ослаблені за міцністю зони в тілі насипів. Вібраційний метод дає змогу оцінювати динамічний стан насипів і прогнозувати появу їхніх раптових деформацій під поїздами.

Діагностика основи земляного полотна. Як основні методи рекомендується застосовувати сейсмічний і електрометричний методи; додатково - радіолокаційний і метод електроконтактного динамічного зондування. Під час діагностики насипів, зведених на болотах, за допомогою електрометричного методу визначають величину занурення насипу в товщу мулистих відкладень і виявляють ділянки шляху, на яких насип сів на мінеральне дно.

На ділянках скельних виїмок сейсмічний метод може застосовуватися: для встановлення потужності пухких покривних відкладень скельних масивів; потужності вивіреної зони корінних порід; виявлення й оконтурювання вертикальних ослаблених зон у скельних породах; визначення азимутів випростання вертикальних та крутоспадних тріщин чи шарів вертикально-шаруватих товщ; визначення коефіцієнта об'ємної тріщинуватої порожнистості.

У районах поширення карстових процесів під земляним полотном або в безпосередній близькості від його основ можуть перебувати карстові порожнини, які за певних умов становлять реальну загрозу безпеці руху поїздів. Застосування сейсмічного та електрометричного методів дає змогу виявити місце розташування, глибину залягання і потужність товщі закарстованих порід.

У районах багаторічномерзлих порід, де експлуатується земляне полотно, електрометричним і сейсмічним методами визначають: глибину залягання верхньої та нижньої межі мерзлих порід; потужність пухких відкладень; поталисті та таликові зони в масиві мерзлих порід; фізико-механічні властивості мерзлих ґрунтів у їхньому природному заляганні.

Таким чином, геофізичні методи мають великі можливості під час детальної діагностики земляного полотна і його основи. Вибір будь-якого одного геофізичного методу або раціонального комплексу методів залежить від ефективності та точності методів у конкретних геосейсмічних і геоелектричних умовах об'єкта та їхньої техніко-економічної доцільності. Для успішного застосування геофізичних методів необхідний невеликий обсяг (10-15 % від загального обсягу робіт) опорних свердловин для надійнішої інтерпретації отриманих геофізичних даних.

Режимні спостереження полягають у вимірюванні параметрів земляного полотна, що змінюються в часі. Насамперед вимірюванню підлягають різні деформації земляного полотна на початковій стадії, поки вони не досягли великих величин. Крім того, ефективним для режимних спостережень є параметри вологісного і температурного режимів земляного полотна. Методи і засоби режимних спостережень повинні з достатньою регулярністю оперативно подавати інформацію про зміну основних параметрів земляного полотна.

Методи і засоби режимних спостережень можна розділити на дві великі групи: стаціонарні та пересувні. До перших належать різні датчики і контрольно-сповіщувальні системи, що встановлюються на об'єкті, знімання інформації від яких можна здійснити на переносні прилади або отримати за допомогою передавання сигналу в автоматичному режимі. Цими методами і засобами користуються для вимірювання: деформацій (глибинні ґрунтові реperi, інклінометри, тензодатчики); напруг (медози, тензодатчики і датчики порового тиску); температури (термокоси та електричні термометри, тепловізори); вологості (тензодатчики, сорбційні датчики); рівня ґрунтових вод (гідрометричні свердловини тощо). До пересувних засобів належать: колієвимірювальні вагони; навантажувальні пристрої; георадарні комплекси.

Стабільність геометрії рейкової колії, що визначається колієвимірювальними вагонами, залежить від стану елементів колії, зокрема земляного полотна. Перехід земляного полотна в нестабільний стан викликає підвищені розлади геометрії рейкової колії [5].

Іншим діагностичним пересувним засобом для виділення ділянок із підвищеною деформативністю шпальної основи є навантажувальні комплекси. Ці комплекси виконують суцільне на протязі колії вимірювання пружного осідання рейки і шпали під еталонним навантаженням під час руху комплексу зі швидкістю 5-10 км/год. Проходи комплексу бажано виконувати в несприятливий період весняного відтавання ґрунтів земляного полотна або затяжних дощів. Комплекс складається зі змонтованого на спеціальному вагоні навантажувального агрегату, який забезпечує задане еталонне навантаження на колію, і вимірювально-обчислювального комплексу, який фіксує та обробляє

пружні деформації (осідання) колії, що виникають під час навантажувальних випробувань.

Вимірювальна система навантажувального пристрою має давати змогу проведення вимірювань пружного осідання під навантаженням окремо по рейці та шпалі, що дає можливість виділити складову шпальної основи. Вимірювання виконуються під двома рівнями навантажень (від порожнього та навантаженого вагона).

За високого ступеня ймовірності прояву екзогенних геологічних небезпек на кшталт зсуву ґрунту, карсту, обвалу, осипання і селю в зонах, прилеглих до земляного полотна, слід влаштовувати сигналізації або контрольно-сповіщувальні системи. Як такі сигналізації можуть бути використані окремі датчики (наприклад, типу GPS), що дають змогу в режимі реального часу видавати відомості про переміщення спеціально встановлених деформаційних реперів, або загородження, датчики якого спрацьовують у разі деформації або руйнування загородження, що за своєю величиною перевищують встановлені проектом системи. Подання сигналу в разі спрацьовування датчиків може здійснюватися на пульт чергового (наприклад, по дистанції колії) або безпосередньо на пристрої СЦБ. У кожному разі має бути розроблено робочий проєкт пристрою сигналізації або контрольно-сповіщальної системи, що враховує тип геологічної небезпеки та особливості конкретного об'єкта земляного полотна.

Висновок. В результаті оглядового аналізу можна зробити висновок, що існує багато методів та засобів діагностики залізничного земляного полотна, які застосовують залежно від поставлених завдань і виду спостережень. Вчасне виявлення дефектів та пошкоджень конструкцій земляного полотна є досить важливим і актуальним питанням та потребує розвитку на українських залізницях.

Л і т е р а т у р а

1. Даніленко Е. І. Залізнична колія : підручник для вищих навчальних закладів у 2-х томах / Е. І. Даніленко. К.: Інпрес, 2010. Том 2. 456 с.
2. Даніленко Е.І., Орловський А.М., Курган М.Б., Яковлев В.О., Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП-0269. К: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. 456 с.
3. Maślakowski M. Diagnostyka stanu podłoża i podtorza kolejowego metodą georadarową (GPR). / M. Maślakowski, A. Zbiciak, K. Józefiak, T. Piotrowski //TTS Technika Transportu Szynowego. 2015. T. 22. P. 1045-1048.
4. Лучко Й. Й. Застосування георадіолокаційного методу на залізницях України / Й.Й. Лучко, І.Б. Кравець // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: ОДАБА, 2018. Вип.71. С.169-175.

5. Nabochenko O. Дослідження розладнання геометрії залізничної колії внаслідок нерівномірних осідань баластного шару. / O. Nabochenko, M. Sysyn, V. Kovalchuk, Y. Kovalchuk, A. Pentsak, S. Braichenko // Eastern- European Journal of Enterprise Technologies, 2019. Vol. 1(7 (97)). P. 50-59. doi:<http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154864>

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Маслова К.О. – магістрант, mslv_kate@ukr.net

Каращук В.О. – к.т.н., доц., vogatchenko@gmail.com

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Україна, м. Дніпро

INCREASING SAFETY IN CARGO TRANSPORTATION

Maslova K.O. – master's student, mslv_kate@ukr.net

Karashchuk V.O. – Ph.D., Associate Professor, vogatchenko@gmail.com

Pryazovsky State Technical University,

Ukraine, Dnipro

Abstract. *The efficiency of a transport enterprise and its competitiveness in the transport services market are directly related to traffic safety. The work analyzes the number of road accidents and their consequences. The number of accidents involving licensed motor vehicles was studied. The main causes of road accidents have been identified. The introduction of an integrated approach to improving the safety of vehicles during freight transportation is proposed. Attention is focused on the implementation of automated driver assistance systems and driver condition monitoring systems while driving.*

Keywords: *cargo transportation, road transport, transport process, road safety, road accidents.*

Постановка проблеми. Ефективність роботи транспортного підприємства, його конкурентоспроможність на ринку транспортних послуг безпосередньо пов'язана з безпекою перевезень. Безпека перевезень є комплексною проблемою, що залежить від багатьох факторів, таких як: стан транспортного парку перевізника, наявність на транспортних засобах систем активної та пасивної безпеки, рівень утримання та обслуговування транспортного парку перевізником, рівень професійної підготовки водіїв, психофізіологічні фактори, що впливають на роботу водіїв, стан дорожньої інфраструктури, організація дорожнього руху та багато інших. Переважна більшість дорожньо-транспортних пригод стається через слабку дисципліну та неухважність водіїв транспортних

засобів. Тому пошук та розробка підходів щодо підвищення безпеки руху для транспортного підприємства стоїть дуже актуально.

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз поточного стану безпеки перевезень автомобільним транспортом та шляхи підвищення безпеки руху.

Виклад основного матеріалу. У 2019 році в Україні зареєстровано 160675 дорожньо-транспортних пригод, із них 26052 - із загиблими та/або травмованими особами (загинуло 3454 особи і травмувалося 32736 осіб). Понад 33 відсотки загиблих та/або травмованих у дорожньо-транспортних пригодах є пішоходами (1261 особа загинула і 8005 осіб травмовані). На дорогах України загинуло 164 дитини та травмовано 4435 дітей віком до 18 років [1].

За даними Державної служби України з безпеки на транспорті [2] у 2021 році кількість дорожньо-транспортних пригод за участю ліцензованого автомобільного транспорту склала – 2696 випадків (при цьому загинуло – 125 осіб, травмовано – 913 осіб), з вини водіїв ліцензованого автомобільного транспорту – 1519 випадків (при цьому загинуло – 38 осіб, травмовано – 414 осіб). З вини водіїв автобусів кількість випадків ДТП за 2021 рік – 1209 випадків (79,6% від загальної кількості), з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів – 259 випадків (17%), з вини водіїв легкових-автомобілів-таксі – 51 випадок (3,3%).

Аналіз причин виникнення ДТП за участю ліцензованого автомобільного транспорту за період 2017-2020 р.р. [3] показав, що основними є такі:

- недотримання дистанції та інтервалу руху – 39,5%;
- порушення правил маневрування – 24,8%;
- перевищення швидкості руху – 18,5%;
- порушення правил проїзду перехресть – 12%;
- порушення правил обгону та/або виїзду на смугу зустрічного руху – 2,5%;
- експлуатація технічно несправних транспортних засобів – 1,5% ;
- сон за кермом – 0,3% ;
- керування у нетверезому стані – 0,4% ;
- порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту – 0,5%;
- порушення правил проїзду залізничних переїздів – 0,2% .

З урахуванням вищезначеного можна стверджувати що 98,5% всіх ДТП стається через людський фактор, тобто помилки та неуважність водія транспортного засобу.

Для рішення проблеми безпеки руху повинен застосовуватися системний підхід, що охоплює основні фактори безпеки дорожнього руху, зокрема поведінку водія, стан дорожнього покриття та інфраструктури, високу надійність та справність транспортних засобів, із врахуванням часового фактору (на етапі запобігання аварії, під час аварії та після неї).

В останні роки виробниками автомобілей та автотранспортної техніки набули широкого застосування системи оперативного контролю стану водія, що серійно встановлюються на транспортні засоби. Контролюючими параметрами таких систем є: положення автомобіля всередині полоси руху, оцінка особливостей рульових рухів, стеження за очима водія та ін.

Для підвищення безпеки руху доцільно використовувати як системи автоматизації, так і системи контролю за увагою водія. Поєднання систем DMS (системи моніторингу водія) та ADAS (розширеної системи допомоги водієві) дозволить підвищити безпеку водія за рахунок дієвих попереджень з безліччю функцій штучного інтелекту, камери та складні алгоритми здатні розпізнавати небезпеки на дорозі та небезпечні методи водіння. Система складається з:

- камера ADAS – функція – виявлення потенційного ризику (перетинання лінії розмітки та з'їзд з полоси руху, зближення з пішоходами, зближення з автомобілем);
- камера DMS – функція – оцінка стану водія (відволікання від дороги, втома, сонливість, відсутність ременя безпеки, куріння в салоні, прийом їжі чи пиття, ідентифікація водія);
- центральний блок – функція – аналізує данні з камер (відправка даних на центральний сервер) [4].

Впровадження даної системи дозволить підвищити якість водіння, знизити вірогідність настання ДТП, контролювати стиль водія, удосконалити систему мотивації водії, отримати доказову базу у випадку настання ДТП.

Висновки. Безпека руху вимагає впровадження заходів та перспективних інноваційних технологій не тільки з боку транспортної компанії а і з боку інфраструктури. В свою чергу підвищення рівня безпеки дозволить зменшити кількість ДТП та знизити ступінь їх негативних наслідків.

Л і т е р а т у р а

1. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року. схв. розпорядженням КМУ від 21.10.2020 р. № 1360-р [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-%D1%80#Text> (дата звернення 14.11.2023) Назва з екрана.
2. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на наземному транспорті в Україні за 2021 рік. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Режим доступу: https://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2022/analiz_avariynosti_2021.pdf (дата звернення 09.01.2023) Назва з екрана.
3. Федоров К.В., Аналіз безпеки перевезень автомобільним транспортом та заходи її покращення/ К.В. Федоров, О.В. Клецька, В.О. Карашук // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конф., 10 лютого 2023 р., м. Київ / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. Київ: СЛУ ім. В. Даля, 2023. С. 73-76.

4. Системи допомоги водію DMS+ADAS [Електронний ресурс]: [Веб-сайт].
Режим доступу:
https://www.euromobile.com.ua/product_item.php?id=410&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=cid|14083971961|search&utm_content=gid|123776929405|aid|536901899880|placement|&utm_term=%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8F%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F&gclid=Cj0KCQiAr8eqBhD3ARIsAJe-buP0NjVRpNe1PmagW8HPAUrYHMslZlcDKIkGMPdAzl34BFO1viFZJOgaArnOEALw_wcB (дата звернення 14.11.2023) Назва з екрана.

АНАЛІЗ НАЯВНОЇ МЕРЕЖІ ЄВРОКОЛІЙ НА УКРАЇНСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

*Носулько В.В. – аспірант, nosulko_vv@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

ANALYSIS OF THE EXISTING NETWORK EUROPEAN GAUGE TRACKS ON UKRAINIAN RAILWAYS AND PROSPECTS FOR THEIR DEVELOPMENT

*Nosulko V.V. – Postgraduate student, nosulko_vv@gsuite.duit.edu.ua
State University of Infrastructure and Technology
Kyiv, Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The paper highlights the need for the introduction of the European gauge in Ukraine, the prospects for such implementation and its impact on the country's economy. The strategy for the transition of 1520 mm wide gauge to 1435 mm European gauge should be implemented in stages and include the restoration of existing sections, and then a complete transition to European gauge. Such measures will significantly improve the economy of the whole country.*

Keywords: *track gauge, European gauge, transportation route, mainline railroad*

Метою роботи є аналіз необхідності впровадження євроколії в Україні, перспективи такого впровадження та його вплив на економіку країни.

Актуальність дослідження. В результаті військової агресії Росії морське та авіасполучення зі світом призупинилося, а колія стала перешкодою для активних залізничних перевезень, так як в Україні та Євросоюзі прийнята різна ширина залізничної колії. Протягом багатьох років в Україні застосовується залізнична колія шириною 1520 мм. У більшості країн Європи – 1435 мм. Європейська колія

стала найпоширенішою у світі – на неї припадає до 60% від загальної довжини залізниць. На другому місці, з часткою 17%, так звана "російська" колія 1520 мм, яка використовується в державах колишнього радянського союзу, а також у Фінляндії та Монголії. Така відмінність ширини колії, очевидно, пов'язана з фактором безпеки та штучним створенням перешкод для залізничного сполучення між Російською імперією, а потім СРСР, та рештою світу. Саме тому на заході України під час та після Другої світової війни активно демонтували європейські рейки та будували залізницю за радянським стандартом [1]. Технологічний бар'єр у вигляді різної ширини колій, який раніше слугував засобом захисту економічних інтересів національного залізничного монополіста та обмежував можливість швидкого заходу європейських залізничних операторів в Україну, тепер став перешкодою для швидкого нарощування експорту товарів та оперативного отримання стратегічних ресурсів або озброєння в умовах блокування портової інфраструктури. Але в нинішніх реаліях питання впровадження євроколії на українських залізницях знову стало актуальним.

Переважає більшість залізничної мережі України зараз складається з колій шириною 1520 мм. Однак зараз є кілька ділянок з шириною колії 1435 мм, в основному поблизу кордонів Польщі/Угорщини/Словаччини/Румунії [2, 3]:

- *Чоп - Батьово - Королево - Дякове* (103 км): залізнична лінія з колією 1435 мм від *Батьово до Мукачева* (26 км) - двоколійна на кільцевих станціях;
- залізнична лінія *Глибока-Буковинська - Вадул-Сірет* (6 км);
- залізнична лінія *Старява - Хирів* (9 км);
- залізнична лінія *Мостиська - Мостиська II* Кордон (9 км);
- залізнична лінія *Ковель - Ягодин* (60 км).

Ці колії в майбутньому можуть бути розбудовані та з'єднають основні транспортні вузли України.

Стратегічна мета на майбутнє – це повний перехід на європейську колію, проте на найближче десятиліття не йдеться про повну заміну всіх радянських рейок та відмову від цього стандарту. Перевести всі залізниці України на європейську колію нереально та недоцільно, оскільки різниця не лише у ширині колії, а й у габаритних та вагових стандартах рухомого складу. Тому, на ближчу перспективу слід розглядати можливість переведення на євроколію лише основних транспортних маршрутів.

Основні задачі в необхідності побудови в Україні нової магістральної мережі колії 1435 мм, яка працюватиме паралельно з теперішньою мережею 1520 мм базується на двох принципових засадах: 1) євроколія 1435 мм буде призначена для швидкісних перевезень (міжнародні пасажирські потяги, Інтерсіті+, перевезення вантажів в контейнерах/на платформах), тоді як колія

1520 мм обслуговуватиме повільніший транспорт (місцеві та регіональні пасажирські потяги, великовагові вантажі); 2) розвиток магістральної мережі 1435 мм здійснюватиметься поетапно – з заходу на схід, а саме:

- етап 1 – кордон України/ПНР Медика/Мостиська до Львова; Кордон Україна/Польща Гребенне - Рава-Руська – Львів; Львів - Івано-Франківськ - Чернівці - Багринівка - кордон України з Румунією;

- етап 2 – кордон України/ПНР Дорогуськ - Ковель - Сарни - Коростень – Київ; Львів - Красне - Тернопіль - Шепетівка - Звягель – Коростень; Кордон України/Словаччини/Угорщини Чоп - Ужгород - Самбір – Львів;

- етап 3 – Київ - Полтава - Красноград - Харків/Дніпро [4].

У майбутньому можливе розширення мережі колій 1435 мм включаючи такі міста як Запоріжжя, Маріуполь, Херсон, Миколаїв, Донецьк, Луганськ, Севастополь (рис.1).

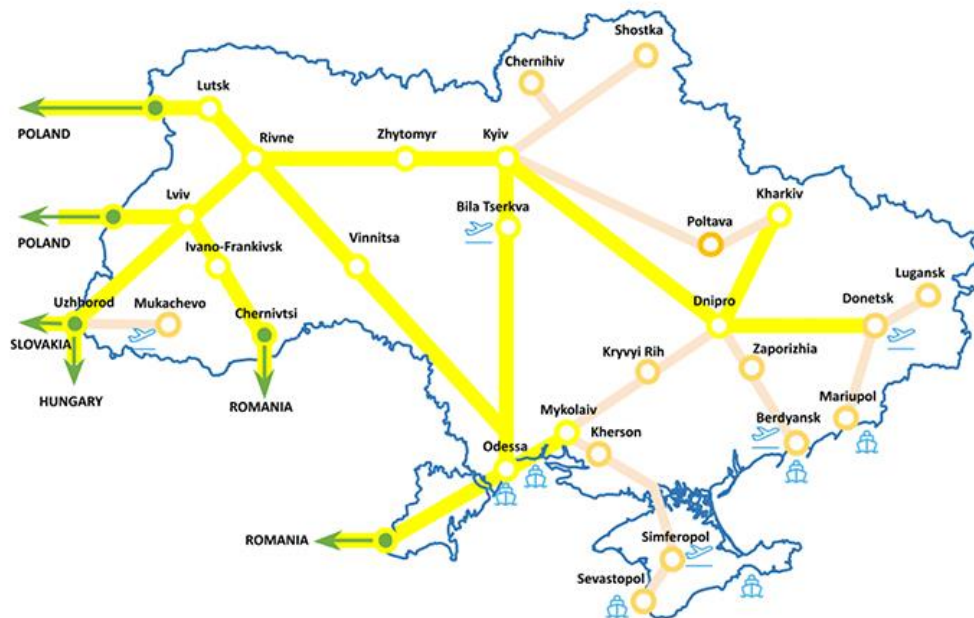


Рисунок 1 – Перспективний розвиток Євроколії на українських залізницях

Війна, що триває, має значний вплив на соціальну та економічну структуру в усій Європі. Україна страждає від наслідків війни для суспільства та економіки. Значна частина промисловості була зруйнована. Відновлення раніше існуючої промисловості само по собі не дозволить в повній мірі забезпечити успішний економічний розвиток в Україні. Тому необхідно розвивати нові галузі та принципово нову економічну систему. Майбутня залізнична система шириною 1435 мм забезпечить майбутній промисловий розвиток України, яка буде тісно пов'язана з економікою ЄС. Завдяки своєму позитивному екологічному та кліматичному балансу порівняно з іншими видами транспорту, залізничний

сектор відіграватиме фундаментальну роль у європейському та українському розвитку [5].

Висновок. Перехід залізниць України на стандарт 1435 мм є неминучим, проте він має бути обґрунтованим та поетапним. На початку цього процесу необхідно відновити наявну інфраструктуру європейської колії, яка не використовується. Дуже важливо розробити проекти укладання суміщеної колії 1520/1435 мм. Реалізація проєктів по впровадженню євроколії по основним залізничним маршрутам дозволить значно збільшити обсяги перевезення вантажів між Україною та Євросоюзом, скоротити час на перевезення, а також відкрити нові можливості для міжнародних пасажирських перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. Розвиток залізничної мережі європейського формату. URL: <https://focus.ua/uk/economics/475397-mininfrastruktury-v-2021-nachnet-stroitelstvo-evrokolei-ot-gosgranicy-do-kieva>
2. Сайт Міністерства розвитку громад URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html>
3. Сайт АТ «Українська залізниця»/ URL: <https://www.uz.gov.ua>
4. Європейська комісія URL: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2023-07/Integration_of_the_UAMD_railway_system_into_the_EU_transport_system.pdf
5. Сайт Transparency International URL: <https://ti-ukraine.org/research/vidbudova-zaliznychnogo-transportu-povoyennoyi-ukrayiny/>

ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНО-ЖОРСТКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ В МЕЖАХ СИМЕТРИЧНОГО СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ

Олійник О.А. – к.т.н., доц., oliynuk_oa@gsuite.duit.edu.ua

Бойко В.Д. – к.т.н., доц., boyko_vd@gsuite.duit.edu.ua

Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DETERMINATION OF ELASTIC AND STIFFNESS PARAMETERS OF THE RAIL TRACK WITHIN A SYMMETRICAL TURNOUT

Oliynyk O.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
oliynuk_oa@gsuite.duit.edu.ua

Boiko V.D. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
boyko_vd@gsuite.duit.edu.ua

Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. The paper presents the results of theoretical studies to determine the force load of rail threads of a symmetrical turnout laid on a combined subgrade, i.e., on wooden bars and on a crushed stone and concrete base (subway type). The studies were carried out on the basis of the determined elastic and stiffness parameters of the rail track with their distribution along the length of the symmetrical turnout

Keywords: turnout, stiffness, elastic modulus, deflection, dynamic forces, dynamic deflection

Актуальність дослідження. Конструктивні особливості стрілочних переводів не дозволяють застосувати загальний підхід до визначення силової динаміки по усій довжині переводу із застосуванням типових методів розрахунків на міцність. Наукові дослідження роботи стрілочних переводів при взаємодії з рухомих складом є завжди актуальні, так як вони дозволяють отримати інформацію щодо напружено-деформативного стану конструкції стрілочних переводів та допустимим швидкостям руху поїздів, як по головній, так і по боковій колії.

Метою роботи є визначення пружно-динамічних параметрів симетричних стрілочних переводів і деформаційно-напруженого стану рейкових ниток переводів при взаємодії з рухомих складом.

Основні матеріали дослідження. Довготривала і безпечна робота стрілочних переводів залежить з одного боку – від величин сил, що діють від коліс рухомого складу на колію, з іншого боку – від міцності конструкції.

В свою чергу сили взаємодії між елементами колії та рухомого складу в значній мірі [1, 2] залежать від пружно-жорсткісних параметрів колії, до яких відносять: маси конструкцій колії, що беруть участь у процесі взаємодії, а також в'язких (дисипативних) та пружних взаємозв'язків між окремими взаємодіючими масами. При розрахунках сил взаємодії між елементами колії й рухомого складу з використанням сучасних розрахункових методик і моделюванням системи, складеної з ряду послідовних мас, з'єднаних пружними й дисипативними зв'язками, одним з найбільш відповідальних моментів є визначення пружно-жорсткісних параметрів колії.

Для такої багатониткової конструкції як стрілочний перевід, розподіл жорсткісних характеристик по довжині залежить від багатьох чинників, однак, найбільший вплив мають жорсткість на згин рейкових ниток та щільність розкладання брусів під ними. Так, наявність контррейок, потужної хрестовини та лафетів дають значні скачки по довжині перевodu загальної жорсткості та модуля пружності. Дещо менші скачки жорсткості викликає щільність укладення брусів. За рахунок зміни положення прикладання вертикальних навантажень по довжині стрілочних брусів та впливу незавантажених рейкових ниток відрізняється характер зміни жорсткісних параметрів по зовнішній та внутрішній рейкових нитках.

Визначення жорсткісних характеристик є передумовою до рішення задачі щодо силової завантаженості стрілочного перевodu по його довжині [1, 2, 3].

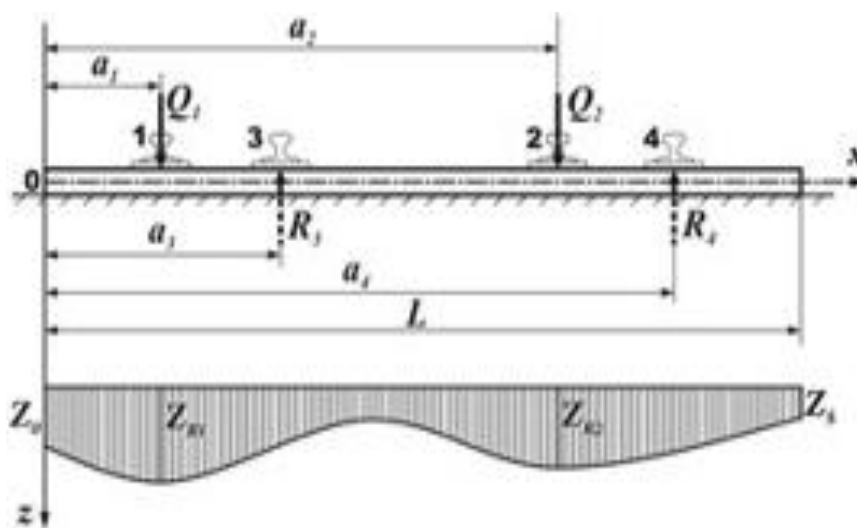


Рисунок 1 – Розрахункова схема роботи шпали (бруса) як балки на суцільній рівнопружній основі

Теоретичне розв'язання зазначеної задачі виконується поетапно: на першому етапі визначаються жорсткісні характеристики підрейкової основи стрілочного перевodu. При цьому конструкція колії розглядається наступним чином: рейка розглядається як балка, покладена на окремих пружних опорах в поздовжньому напрямку, а робота кожної опори (шпали або бруса) під впливом

навантажень, переданих від рейок, розглядається як балка обмеженої довжини в поперечному напрямку, що лежить на суцільній рівнопружній «вінклерівській» основі (рис. 1).

На другому етапі вирішується задача щодо визначення силової завантаженості рейкових ниток симетричного стрілочного переводу на основі [2] з використанням отриманих пружно-жорсткісних параметрів рейкових ниток в межах стрілочного переводу.

Розрахунок пружних прогинів підрейкових опор під дією одиничних сил, прикладених у підрейкових перерізах, як балок, що лежать на суцільній рівнопружній основі виконується наступним чином.

Вертикальні прогини стрілочних брусів визначаються із розв'язання диференціального рівняння вигину балки обмеженої довжини, що лежить на суцільній рівнопружній основі, завантаженій системою зосереджених вертикальних сил (рис. 1).

Диференціальне рівняння вигину такої балки має вигляд:

$$E_{\delta} I_{\delta} \frac{d^4 z(x)}{dx^4} + U_{nu} z(x) = \sum_1^n Q_i \eta_i (x - a_i) \quad (1)$$

де E_{δ} – модуль пружності при вигині балки;

I_{δ} – момент інерції поперечного перерізу балки (шпали або бруса);

z – прогин балки (шпали або бруса);

U_{nu} – модуль пружності підшпальної основи;

Q_i – зовнішні вертикальні зосереджені сили, що діють на брус;

η_i – ордината лінії впливу епюри Q_i ;

x – відстань від початку координат до місця розміщення розгляданого перерізу;

n – кількість вертикальних сил.

Прогин та згинальний момент у будь-якому перерізі балки знаходяться з наступних виразів:

$$z(x) = z_0 Y_0(x) + z'_0 Y_1(x) + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{E_{\delta} I_{\delta}} Y_3(x - a_i); \quad (2)$$

$$M(x) = -E_{\delta} I_{\delta} z''_0(x) = 4\alpha^4 E_{\delta} I_{\delta} z_0 Y_2(x) + 4\alpha^4 E_{\delta} I_{\delta} z'_0 Y_3(x) - \sum_{i=1}^n Q_i Y_1(x - a_i). \quad (3)$$

Розв'язок даних рівнянь дає можливість отримати епюри прогинів та внутрішніх зусиль по довжині стрілочних брусів. За рахунок цього можна оцінити вплив незавантажених рейкових ниток та визначити складові сумарної жорсткості, що залежать від роботи бруса на згин.

На основі описаної методики розроблено алгоритм і комп'ютерну програму для розрахунків пружно-жорсткісних параметрів колії в межах стрілочного переводу.

Використовуючи описану вище методику було виконано відповідні розрахунки та отримано залежності жорсткісних характеристик стрілочного переводу по довжині, що дозволило визначити величини вертикальних динамічних сил і динамічних прогинів рейкових ниток при русі по стрілочному переводу вагонів метрополітену. Розподіл динамічних сил, напружень в рейках і динамічних прогинів стрілочного переводу типу Р50 марки 1/9 по довжині наведено на рис. 2 [4].

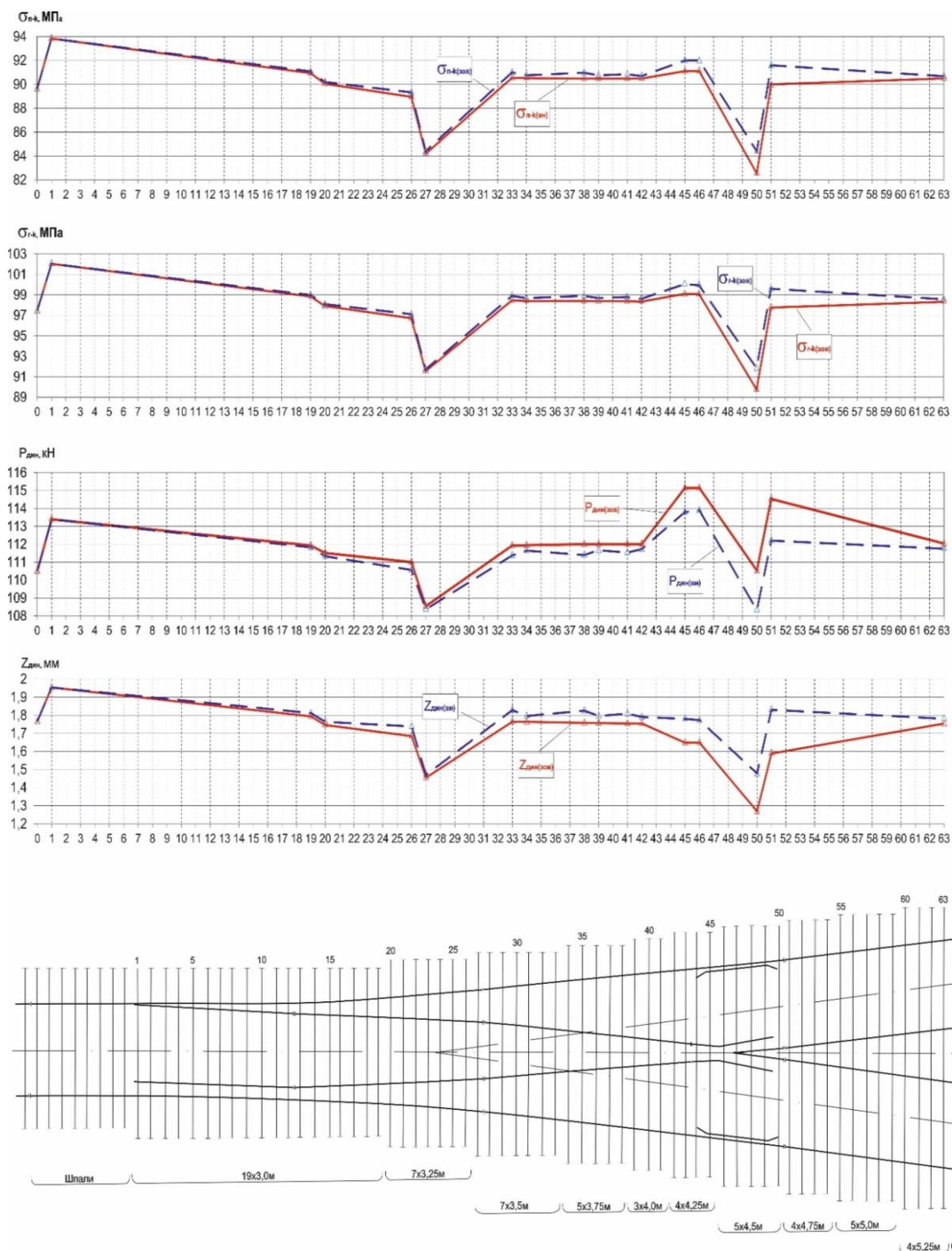


Рисунок 2 – Розподіл динамічних сил, напружень в рейках і динамічних прогинів стрілочного переводу типу Р50 марки 1/9

Висновки. Аналіз розподілу жорсткісних характеристик стрілочних переводів по його довжині дозволяє зробити висновок про необхідність умовного розділення стрілочного переводу на окремі зони, в межах яких жорсткісні параметри змінюються незначно, зокрема: передній виліт рамних рейок, де конструкція мало відрізняється від звичайної колії; вістрякова зона, де загальна жорсткість більша, так як включає вплив рамних рейок і вістряків; з'єднувальна частина, яка, по суті, є чотиринитковою конструкцією колії;

хрестовина частина, яка має ділянки як з трьома, так і з чотирма рейковими нитками; захрестовинна частина, в межах якої чотириниткова конструкція стрілочного переводу поступово переходить у два напрямки звичайної колії.

Л і т е р а т у р а

1. Залізнична колія. Підручник для вищих навчальних закладів у 2-х томах / Е.І. Даніленко. К.: Інпрес, 2010. Том 2. 456 с.

2. Розрахунки залізничної колії на міцність і стійкість (навчальний посібник) / Е.І. Даніленко/ Київський інститут залізничного транспорту. К.: ДЕТУТ, 2000. 164 с.

3. Дослідження впливу динамічних колісних навантажень, вантажонапруженості і швидкостей руху поїздів на міцність, стійкість і строки служби рейок, скріплень на інших елементів ВБК/ Даніленко Е.І., Йосифович Р.М., Олійник О.А., Сорока О.О. // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства інфраструктури України: Серія «Транспортні системи і технології». Вип. 22. К.: ДЕТУТ, 2013. С. 9-19.

4. Олійник О.А. Наукові основи проектування симетричних стрілочних переводів за умовами безпеки рух коліс в межах відведених вістряків: Дис. к.т.н./ДУІТ. Київ, 2021. 252 с.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ

Пасічник А.М. – д.ф.-м.н., проф., panukr977@gmail.com

Солод В.Ю. – к.т.н., доц., v_solod@ukr.net

Дніпровський державний технічний університет

Україна, м. Кам'янське

FEATURES OF THE FORMATION OF THE REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS CLUSTER

Pasichnyk A.M. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
panukr977@gmail.com

Solod V.Yu. – PhD, Associate Professor, v_solod@ukr.net

Dnipro State Technical University

Ukraine, Kamianske

Abstract. *A systematic analysis of the peculiarities of the formation of regional transport and logistics clusters and their application to create poles of economic development of the regions and the country been carried out. It was determined that one of the most effective tools for modernization of transport systems is the formation of transport and logistics clusters. The definition of a transport and logistics cluster is proposed. It was found that the application of the cluster approach allows to provide favorable conditions for the unification of business entities and state authorities, increasing competitiveness and investment opportunities for the development of territories.*

Keywords: *logistics, transport and logistics clusters, logistics companies.*

Актуальність дослідження зумовлена постійним зростанням світового попиту на транспортно-логістичні послуги. Так частка транспортно-логістичних послуг, що надаються спеціалізованими провайдерами, в загальному обороті ЄС досягла близько 40%. Основними лідерами цього зростання є Німеччина, Франція, Польща на долю яких припадає половина всього обороту. В процесі загального розвитку сфери перевезень формується Європейська мережа транспортно-логістичних кластерів, чисельність яких постійно збільшується [1]. Зазначимо, що мережа транспортно-логістичних кластерів складає організаційну основу формування європейської логістичної системи яка характеризуються достатньо високим рівнем розвитку морських портів і транспортних вузлів, а також регулярним застосуванням мультимодальних перевезень. При цьому взаємодія портових і внутрішньоконтинентальних кластерів породжує більш складні категорії транспортно-логістичних кластерів, які забезпечують логістичну переробку вантажопотоку перевалки з морських суден на наземні види транспорту і навпаки.

Проведення модернізації транспортно-логістичної інфраструктури є одним із визначальних факторів стабілізації та сталого розвитку української економіки, на основі ділового співробітництва і взаємозв'язків з європейськими країнами. А відповідно розвиток методології підвищення ефективності логістичної кластерної інфраструктури є достатньо актуальною як науковою, так і прикладною проблемою.

Метою роботи є проведення системного аналізу особливостей формування регіональних транспортно-логістичних кластерів та застосування кластерного підходу для створення полюсів економічного розвитку регіонів і країни в цілому.

Аналіз досвіду провідних країн світу із модернізації транспортних систем показує, що одним із найбільш ефективних інструментів її проведення є формування транспортно-логістичних кластерів (ТЛК), які забезпечують можливості підвищення конкурентоспроможності територій, об'єднання суб'єктів господарювання та органів державної влади, визначають покращення інвестиційного клімату [2, 3].

Системний аналіз відомих результатів наукових досліджень з кластерної тематики [1, 2] дозволяє сформулювати та застосовувати наступне означення транспортно-логістичного кластеру.

Транспортно-логістичний кластер – це є асоціативне об'єднання незалежних та професійно і територіально взаємодіючих учасників логістичного ринку, транспортної інфраструктури, забезпечуючих галузей економіки, органів державної влади, що реалізують логістичні функції комплексної оптимізованої системи переробки основних та супутніх потоків у технологічних ланцюгах поставки товарів від вихідних поставщиків до кінцевих споживачів.

Транспортно-логістичні кластери відносяться до категорії просторових кластерів зв'язок яких із територією встановлюється за рахунок їх реєстрації у відповідних адміністративно-територіальних одиницях та сплати податків. При цьому суб'єкти ТЛК використовують об'єкти термінальної транспортної інфраструктури території на основі права власності, оренди чи інших правових підстав. Для забезпечення вантажних і пасажирських перевезень на базі транспортних систем середніх і великих міст, а також міських агломерацій, формуються регіональні ТЛК, які можуть мати як загальну, так і спеціалізовану інфраструктуру. Зазначимо, що ТЛК включають в себе не тільки підприємства транспортної системи, але також заклади освіти для підготовки та перепідготовки персоналу, підприємства інших місцевих інфраструктурних галузей, наукові та впроваджувальні організації в області логістики та ін.

Як правило, при формуванні регіональних транспортно-логістичних систем їх елементи є розрізненими і зорієнтованими на досягнення індивідуальних результатів, що мало сприяють досягненню загальних цілей. Тому для

встановлення міцних взаємозв'язків між елементами системи необхідною умовою є формування «сильного» ядра у вигляді транспортно-логістичного кластера, що забезпечить сприятливі умови для активної взаємодії учасників, підвищення їх конкурентоспроможності та прозорості конкуренції з якості надання логістичних послуг. При формуванні регіональних ТЛК в якості базового учасника доцільно обрати компанію-лідера, що забезпечує надання масштабних логістичних послуг і взаємодіє з чисельними постачальниками на різних стадіях ланцюга поставок. Для забезпечення інновацій до складу учасників ТЛК мають входити наукові та освітянські інституції.

Логістичний кластер надає рекомендації щодо стратегічних напрямків подальшого розвитку транспортної логістики і удосконалення відповідних технологій у цій галузі, та координації процесів прийняття рішень і управління оперативною інформацією. Кластерне об'єднання є ефективним механізмом оперативного реагування учасників на зміни запитів ринку логістичних послуг.

Об'єднання самостійних суб'єктів економічної діяльності у транспортно-логістичний кластер дозволяє підвищити їх стійкість до змін у зовнішньому середовищі та використовувати переваги інтеграційної логістики, надати всю необхідну інформацію для оптимізації управління логістичними потоками на всіх стадіях технологічних операцій постачання товарів [4].

Актуальність надходження інформації щодо стану ринку значною мірою визначає ефективність логістичних процесів. Від своєчасного отримання та аналізу інформації найбільше залежать дві сфери: управління потоками та прогнозування. Прогнозування у логістиці дозволяє визначити майбутні потреби ринку та провести оцінку необхідних обсягів виробництва та запасів.

Однією з важливих особливостей транспортно-логістичного кластера є локалізація його території яка визначається адміністративною одиницею або їх сукупністю, що зумовлено необхідністю взаємодії з органами влади і визначення ступеня відповідальності за обсяги фінансування та інвестування, а також для забезпечення участі в кластері суб'єктів господарювання, які є резидентами територіальної одиниці. Територіальні ТЛК існують в кожному великому місті. При мінімальному рівні розвитку вони обслуговують потреби у вантажних перевезеннях і перевезенні населення лише в межах території самого міста – кластери на основі міського громадського транспорту. При більш високому рівні розвитку територіальні ТЛК обслуговують не тільки місцеві потреби, а й міжміські, міжрегіональні та міжнародні перевезення. У цьому випадку транспортно-логістичні послуги, що надаються клієнтам інших територій, регіонів і країн, поповнюють доходи місцевих компаній і збільшують надходження до місцевого бюджету та вносять свій внесок в підвищення конкурентоспроможності відповідної території.

Аналіз взаємодії всіх учасників транспортно-логістичних кластерів дозволяє виділити основні ознаки кластерного утворення, що надають певні переваги за рахунок синергетичного ефекту:

- спільне використання інфраструктури та доступних ресурсів;
- забезпечення комплексної безпеки ланцюгів постачання;
- централізація інформаційних потоків;
- актуалізація освітньої, науково-дослідної та інноваційної діяльності;
- підвищення інвестиційної активності;
- взаємодія з органами державної влади.

Зазначимо, що транспортно-логістичний кластер може мати самостійну форму кластерної інтеграції і забезпечувати реалізацію потокових процесів між виробниками стратегічно важливих для конкретної території товарів, функціонально об'єднаними видами діяльності та споживачами. Або ж бути елементом інфраструктури виробничого кластера, що забезпечує взаємодію учасників кластерної структури з метою підвищення конкурентоспроможності кожного учасника кластера на основі використання переваг синергетичного характеру.

Висновок. В результаті проведеного аналізу встановлено, що врахування наведених особливостей формування транспортно-логістичних кластерів дозволить більш ефективно використовувати кластерні об'єднання для успішного інноваційно-економічного розвитку регіонів країни з урахуванням специфіки конкретних територій та створювати сприятливі умови їхнього розвитку. При цьому впровадження кластерного підходу потребує відповідальної взаємодії органів державної влади, бізнесу, науки і освіти.

Л і т е р а т у р а

1. Смирнов І. Формування транспортно-логістичних кластерів у ЄС: український контекст / І. Смирнов, О. Шматок // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Географія. 60/2012. С. 14-19.
2. Перебийніс В.І. Транспортно-логістичні кластери: сутність, напрями розвитку / В.І. Перебийніс, О.М. Джаман, О.В. Перебийніс, Г.О. Гончаров. ПУЕТ, 2014. В.ХХ. №4. С.29-35.
3. Іванов С. В. Транспортно-логістичні кластери в контексті розвитку транспортної системи України та окремо взятого економічного району / С. В. Іванов // Економічний вісник Донбасу № 1(51), 2018. С. 15-22.
4. Корнієцький О. В. Структура комплексу транспортної логістики / О. В. Корнієцький // Інвестиції: практика та досвід. КДАВТ, № 18/2015. С. 51-53.

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗВАЖУВАННЯ В РУСІ

Петрейко Ю.М. – бакалаврант, UriyPetreyko@i.ua

Кириченко І.О. – д.т.н., проф., i_kir@ukr.net

*Східноукраїнський Національний Університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ*

IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT WEIGHING SYSTEMS IN MOTION

Petreiko Y. – bachelor's student, UriyPetreyko@i.ua

Kyrychenko I. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, i_kir@ukr.net

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. Due to the importance of introducing intelligent transport systems into the transport infrastructure. Currently, in the developed countries of the world and in our country, the development and implementation of ITS is of great importance, because new advanced technologies make it possible to make transportation by various types of transport safer and more convenient.

Keywords: innovations, systems, innovative development, implementation infrastructure, new technologies

Актуальність дослідження зумовлена важливістю впровадження інтелектуальних транспортних систем в транспортну інфраструктуру нашої країни. Наразі у розвинених країнах світу має дуже важливе значення розвиток та впровадження ІТС тому, що нові передові технології дозволяють зробити перевезення різними видами транспорту більш безпечнішими та зручними.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу по використанню технології системи зважування в русі WIM.

Нові технології в плані інновацій дуже важливі для нашої країни. Наші фахівці намагаються використовувати досвід провідних країн світу стосовно інноваційних технологій. Одною з таких технологій, яка вже десятки років впроваджена в країнах європейського союзу, в нашій країні застосовується недостатньо. Зважування в русі - це технологія, яка використовується різними підприємствами, які здійснюють перевезення різними видами транспорту [2]. Системи WIM встановлюють на колії або на транспортні засоби та проводять вимірювання, значення зберігають і надають дані про транспортний потік та/або конкретний транспортний засіб.

На відміну від статичних ваг, WIM системи здатні вимірювати транспортні засоби, що рухаються зі зниженою або нормальною швидкістю руху, і не

потребують зупинки транспортної одиниці. Тому цей спосіб зважування вважається досить ефективним.

Але точність даних зважування в русі нижча, ніж для статичних ваг. Неможливо одразу точно визначити невизначеність вимірювань. Тому міжнародні організації (ISO, IES, ІМЕКО та ін.) [1] розробили нормативні документи, у яких для оцінки якості вимірювань використовують термін невизначеність результатів вимірювання. А для системи WIM складно розрахувати стандартну невизначеність.

Кращої точності можна досягти за допомогою сенсорних систем WIM.

Системи WIM вимірюють динамічні навантаження на вісь транспортних засобів і намагаються обчислити найкращу можливу оцінку відповідних статичних значень.

В провідних країнах ще на етапі проєктування доріг розраховують приблизну кількість транспортних одиниць, які будуть в подальшому користуватись цими дорогами.

Інтенсивність руху на різних шляхах різна, оскільки деякі дороги набагато більше завантажені, ніж інші. А для доріг, мостів, у яких є пошкодження, показник завантаження приблизно знати важливо, оскільки на таких дорогах, мостах із меншим рухом транспорту перевезення більш безпечні. Наразі для України це актуально - мости потребують капітального ремонту. Наразі, в умовах війни це дуже складно робити, але це важливо в плані безпеки перевезень.

Країни, у яких застосовується зважування в русі на автомагістралях: Австралія, Бельгія, Китай, Франція, Німеччина, Італія, Японія, Нідерланди, Польща, Україна, Велика Британія, США.

Зважування в русі також використовують на залізничному транспорті.

Вимірювальна система складається з двох основних частин: колійної, яка містить апаратне забезпечення для зв'язку, живлення, обчислення і збору даних, і рейкової, яка складається з датчиків і кабелів [3].

Потяги зважують на магістралі, або в парках. Системи зважування в русі, встановлені на магістральних лініях, вимірюють повну вагу (розподіл) поїздів, коли вони проходять повз із визначеною швидкістю лінії. Тому зважування в русі на магістралі також називають «зважуванням у зчепленому русі» [3].

Система WiM запобігає інтенсивному руйнуванню доріг, а саме: утворення колійностей, тріщин і вибоїн майже одразу після введення доріг в експлуатацію після будівництва чи ремонту; знижує фактор безпеки для учасників дорожнього руху - перевантаження вантажівки на 25 % збільшує її гальмівний шлях удвічі (за несприятливих погодних умов цей показник зростає ще більше). Це

призводить до того, що у критичних ситуаціях подібними транспортними засобами неможливо нормально керувати .

Зважування-в-русі (Weigh-in-Motion) це “розумна” система комплексного збору інформації про транспортні засоби, які рухаються автомобільними дорогами. Моніторинг руху здійснюється на дорогах у режимі реального часу, обладнання монтується у верхньому шарі покриття або на прогонових будовах мостів та шляхопроводів [3].

Зважування здійснюється на всій ширині проїзної частини. Навантаження вимірюється щонайменше у трьох послідовних точках.

Похибка визначення загальної маси транспортного засобу не перевищує 5%.

Автоматично, зчитується номерний знак, габаритні розміри, загальна маса, навантаження на кожну вісь та кожне колесо окремо, кількість осей, швидкість руху тощо. Вплив людського фактору відсутній.

Однак на даний момент законодавчо така система може забезпечити лише надання інформації про попередню ідентифікацію транспортного засобу та статистичних даних.

Існуюче законодавство дозволяє реєструвати порушення норм габаритів/ваги транспортного засобу в автоматичному режимі. Фіксація в автоматичному режимі, у тому числі за допомогою технологій системи WIM, наразі дозволяється лише для цілей попереднього відбору, а не для прямого застосування.

Однак, існують деякі перешкоди, а саме:

- відсутні правила встановлення та оснащення систем WIM, тому потрібно встановити технічні вимоги;
- відсутні процедури проведення автоматичного зважування, тому необхідно прийняти технічний регламент, що регулює процедуру автоматичного зважування;
- відсутній технічний регламент експлуатації, правил технічного обслуговування, калібрування обладнання WIM, тому необхідно запровадити технічні стандарти/регламент для обладнання автоматичного зважування.

Висновок. WIM - новий підхід до системи управління дорогами України. Вона, нарешті, допоможе вирішити багаторічну проблему з перевантаженими фурами, що розбивають дороги, утворюють колійність. Більше не буде потреби створювати на гроші платників податків окремий орган, що відповідає за зважувальні комплекси, орган, що контролює цей орган і таке інше. За новітніми науковими розробками майбутнє.

Л і т е р а т у р а

1. Горяїнов О.М. Стандарти ISO в сфері інтелектуальних транспортних систем (Технічний комітет ISO/TC204) /Горяїнов О.М. //Харківський національний автомобільно-дорожній університет. 2020. 155с.
2. Інтелектуальна система збору і динамічного зважування вантажівок з промисловим шлюзом [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.proxis.ua/uk/solution/intelligent-truck-tolling-and-dynamic-weighing-industrial-gateway/>.
3. Зважування в русі [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://uk.org/wiki/зважування в русі](http://uk.org/wiki/зважування_в_русі).

ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ ПЕРЕДАЧІ ПОТУЖНОСТІ ЗМІННО-ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ТЕПЛОВОЗУ

Письменний О.М. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, taltos1970@ukr.net

Зеленюк Я.М. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, Zelenyk1981@ukr.net

Співак О.М. – к.т.н., доцент, alexspi@ukr.net

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

RESEARCH AND ANALYSIS OF POWER TRANSMISSION OF ALTERNATING AND DIRECT CURRENT LOGO

Pis'mennyj O. – student gr. 2EEE-mag, taltos1970@ukr.net

Zelenyuk YA – student gr. 2EEE-mag, Zelenyk1981@ukr.net

Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, alexspi@ukr.net

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. The work is devoted to the modernization of alternating current electrical energy converters for powering and controlling direct current traction motors of diesel locomotives. Prospects for improving AC-DC locomotive transmissions by using the power circuit of a traction electric drive with thyristor converters are studied. The proposed scheme of the AC thyristor electric drive with microprocessor control. The operation of the AC traction thyristor electric drive in traction and braking mode is considered.

Keywords: synchronous generator, serial motor, thyristor converter, monitoring, reliability.

Актуальність дослідження. На даний час в Україні переважно експлуатуються тепловози з тяговим електроприводом змінно-постійного струму зі структурою "тяговий синхронний генератор" – "некерований (діодний) випрямляч" – "тяговий двигун постійного струму з послідовним збудженням і

ступінчастим ослабленням поля", які мають невисокі тягово-енергетичні характеристики, що обмежує можливості комплексної автоматизації силової ланки локомотива. Основними недоліками використовуваних тягових електроприводів змінно – постійного струму є:

- один (загальний) канал регулювання потужності та сили тяги локомотива (шляхом керування збудженням тягового генератора);
- поступове ослаблення магнітного поля тягового двигуна збільшує енергоспоживання тягового електроприводу і викликає динамічне перевантаження тягової силової передачі;
- наявність та значний об'єм силової контактної апаратури та резисторів послаблення поля;
- неефективність автоматизації існуючого тягового електропривода на базі мікропроцесорних засобів обчислювальної техніки.

Метою роботи є пропозиції модернізації тепловозів змінно-постійного струму впровадженням силових тиристорних випрямних установок.

Перспективи удосконалення тепловозних передач змінно-постійного струму.

Підвищення ефективності тепловозної тяги вимагає подальшого покращення тягових, гальмівних та техніко-економічних характеристик тепловозів. При передачі потужності від дизеля до електродвигуна виникають суперечні вимоги до привода:

- по-перше, повинна повністю використовуватися вільна потужність дизельної установки на тягу в діапазоні швидкостей від нульової до максимальної, тобто система передачі потужності повинна забезпечувати тепловозу "м'яку" тягову характеристику завдяки її високій пристосованості;
- по-друге, при реалізації тягової сили на межі по зчепленню тягова характеристика повинна бути "жорсткою", щоб виключити боксування колісних пар.

На тепловозах з електричною передачею для перетворення електричної потужності генератора в механічний момент на осі колісних пар найбільше поширення отримали двигуни постійного струму послідовного збудження. Це пояснюється їх "м'якою" механічною характеристикою та більшою перевантажною здатністю. Але у тепловозів з такою електричною передачею висока схильність до боксування колісних пар й тому вони оснащені протибоксовочною системою захисту.

Використання тягових двигунів постійного струму зі змішаним або незалежним збудженням, які мають більш жорстку механічну характеристику, ніж у електродвигуна з послідовним збудженням, збільшує стійкість до

боксування тепловоза, але потребує ряду підсилюючих дій в системі керування електропередачою.

Найбільш повно вимогам реалізації максимальних тягових сил незалежно від стану системи колесо-рейка задовольняє асинхронний тяговий привід (АТП), в якому реалізація суперечних вимог досягається за рахунок регулювання амплітуди та частоти живлячої напруги асинхронного двигуна. Зміна цих параметрів відбувається по визначеному закону за допомогою спеціальних статичних перетворювачів частоти. Зрозуміло, що застосування АТП доцільно при створенні нових тепловозів.

Численні дослід, зроблені у ведучих науково-дослідних закладах України, показали, що ще не достатньо використані в повній мірі можливості тягового приводу з електродвигунами послідовного збудження з точки зору реалізації підвищених тягових сил.

Тиристорний електропривід змінно-постійного струму з мікропроцесорним керуванням, функціональна та узагальнена схема якого показана на рисунку, є одним із перспективних варіантів тягової електропередачі тепловоза з електроприводом змінно-постійного струму, в якому використовуються добре опрацьовані в процесі виробництва та експлуатації тягові електродвигуни постійного струму послідовного збудження.

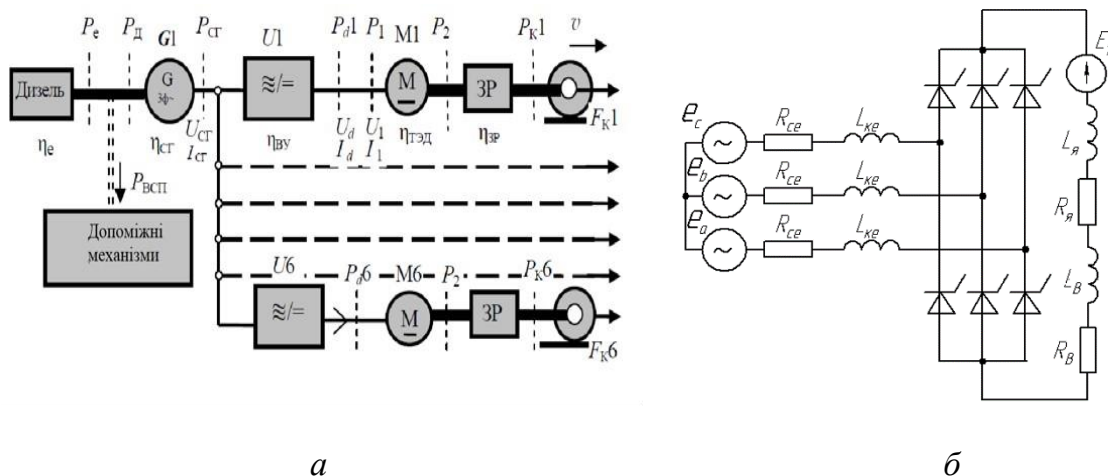


Рисунок – Функціональна (а) та узагальнена схема (б) передачі потужності з тиристорним перетворювачем

Застосування тиристорного електроприводу на існуючих тепловозах та тих, що проектується, дозволяє істотно підвищити їхні тягово-енергетичні характеристики при збереженні серійних тягових електродвигунів постійного струму послідовного збудження, що відбувається за рахунок реалізації режиму плавного послаблення поля тягових електродвигунів, підвищення ефективності електричного гальмування, роботою тягових електродвигунів при втраті зчеплення по жорсткій механічній характеристиці.

Заміна традиційної (з некерованим випрямлячем) схем тягового електроприводу на тиристорну наводить до значного зниження контактної та регулюючої апаратури і суттєво спрощує компоновку нової тиристорної схеми тягового електроприводу на тепловозі а також веде до зниження об'єму апаратної камери та зниженню розходу кабельної продукції.

Запропонований до застосування в тяговому електроприводі комплекс тиристорних перетворювачів використовує режими природної комутації силових тиристорів та може бути виконаний на базі серійно випускаємих напівпровідникових приладів.

Висновок. Використання тиристорного електроприводу на існуючих тепловозах з електричною передачею змінно-постійного струму дозволяє істотно підвищити їхні тягово-енергетичні характеристики при збереженні серійних тягових електродвигунів постійного струму послідовного збудження.

Л і т е р а т у р а

1. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу: навч. посіб. / Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко та ін. Харків: НТУ «ХПІ», 2007. 192 с.
2. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі: навч. посіб. Дн-вськ: НГА України, 1999. 229 с.
3. Безрученко В.М., Варченко В.К., Чумак В.В. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навч. посіб. Дн-вськ: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с.

НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

Попович Д.Ю. – бакалаврант, popovych_du@gsuite.duit.edu.ua
Ковальчук В.В. – к.ф.-м.н., доцент, kovaltchukvv@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF THE RAILWAY INDUSTRY OF UKRAINE IN TODAY'S CONDITIONS

Popovych D.U. – bachelor's student, popovych_du@gsuite.duit.edu.ua
Kovalchuk V.V. – Ph.D., Associate Professor, kovaltchukvv@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This work analyzes the main strategic directions of modernization of railway transport of Ukraine. Innovative development of the railway industry ensures reliability and increases the efficiency of all branches of the country's economy. Railway transport infrastructure contributes to the socio-economic development of the country and the realization of its potential. As a result of Russia's armed aggression, the transport industry of Ukraine suffered significant damage and destruction. At the same time, railway transport continues to ensure the interaction of the country's economic sectors both within the country and within the framework of partnerships with other countries. In this work, the priority tasks and ways of modernization of the railway industry are considered.*

Keywords: *railway transport, modernization, infrastructure development, latest technologies, environmental solutions, transport logistics.*

Актуальність дослідження зумовлена важливістю основних напрямків модернізації залізничного транспорту для відновлення і розвитку інженерно-транспортної інфраструктури, роль якої посилилася після агресивного вторгнення армії РФ в Україну.

Метою роботи є проведення аналізу стратегічних напрямків модернізації залізничного транспорту України як важливих чинників реформування цієї галузі і забезпечення сталого розвитку транспортного комплексу країни в складних умовах сьогодення.

Залізничний транспорт завдяки своїм перевагам є однією з важливих галузей економіки України, що забезпечує внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки [1]. Транспортна інфраструктура відіграє важливу роль для життєдіяльності та розвитку держави і суспільства. За статистичними даними 2021 р. частка залізничного транспорту в загальному обсязі тільки вантажних

перевезень становила 63,1% [2]. Після агресивного вторгнення російської армії в Україну важливість залізничного транспорту лише посилилася.

На сьогодні резерви технічних потужностей залізничного транспорту, його перевізної спроможності практично вичерпані, що ставить під загрозу можливість безперервного задоволення зростаючих потреб у транспортному обслуговуванні. Тому з метою підвищення ефективності та забезпечення сталого розвитку залізничної галузі значну увагу треба приділити модернізації транспортних засобів і транспортної мережі, збільшенню темпів оновлення рухомого складу, впровадженню новітніх транспортних технологій і розвитку транспортної логістики [3].

Модернізація залізничної галузі охоплює різні аспекти, включаючи технологічні інновації, вдосконалення інфраструктури та екологічні рішення.

Одним з напрямків модернізації є впровадження новітніх технологій у рухомому складі. Нові матеріали, покращені двигуни, автоматизовані системи управління сприяють збільшенню швидкості, підвищенню безпеки та зменшенню енергоспоживання. Впровадження цифрових систем моніторингу дозволяє вдосконалити контроль за станом транспортних засобів та шляхів, що сприяє уникненню аварій та збоїв.

Іншим важливим напрямком модернізації є розвиток інфраструктури. При цьому зусилля мають бути спрямовані на розширення та модернізацію залізничних мереж, введення нових швидкісних магістралей та розробку нових технологій управління рухом. Це дозволить покращити графіки руху залізницею і зменшити затримки, а також підвищити загальну продуктивність транспортної системи. Інвестиції в розвиток вантажних терміналів та розгалужених мереж мають забезпечувати більшу ефективність і швидкість перевезення вантажів та пасажирів.

Технічне переоснащення об'єктів інфраструктури залізниць передбачає модернізацію залізничних ліній за напрямками міжнародних транспортних коридорів, підвищення пропускної спроможності залізничних ліній, подальшу електрифікацію залізничних ліній з інтенсивним рухом вантажних поїздів, впровадження пристроїв, що підвищують безпеку руху поїздів та автомобільного транспорту на залізничних переїздах. Також важливими напрямками є технічне переоснащення колійного господарства і забезпечення подальшої механізації технологічних процесів, удосконалення технології організації перевезень шляхом створення автоматизованої системи керування перевезеннями через головний та регіональні центри управління, централізації управління рухом поїздів.

Для покращення показників діяльності залізничної галузі значну увагу треба приділити модернізації об'єктів інфраструктури залізничних ліній, а також

створенню системи логістики та мережі логістичних структур, що відповідають сучасним вимогам та європейським стандартам. Якщо в умовах сьогодення вирішуються питання відновлення зруйнованих об'єктів, то у повоєнний час залізнична галузь потребуватиме логістичної інфраструктури нового рівня.

Українська мережа залізниць є однією з найбільш розвинутих серед європейських країн, займає провідне місце за обсягами перевезень та відіграє важливу транзитну роль на Євразійському континенті. У подальшому питома вага залізничних перевезень буде збільшуватися, враховуючи вимоги Європейського Союзу щодо необхідності зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище. Відповідно один із ключових аспектів модернізації залізничного транспорту – це впровадження екологічно чистих рішень. Введення в експлуатацію електричних і гібридних локомотивів, використання відновлюваних джерел енергії та застосування сучасних систем очищення викидів сприяють зменшенню викидів вуглекислого газу та забруднення навколишнього середовища. Саме тому зараз надають перевагу програмам інвестування і впровадженню проектів, спрямованих на модернізацію залізничного транспорту та інфраструктури шляхом їхньої «екологізації».

Забезпечення повноцінного функціонування залізничної галузі України ускладнене в умовах сьогодення, коли внаслідок воєнної агресії росії зруйновані залізничні колії, об'єкти транспортної інфраструктури, пошкоджені рухомий склад. Для вирішенні цих та інших проблем значну допомогу надають європейські країни. Постановою Кабінету Міністрів України від 1 вересня 2023 р. № 939 затверджено, що 100 млн євро, які надійшли від Європейського інвестиційного банку у 2022 р., будуть спрямовані на нову програму модернізації інженерно-транспортної залізничної інфраструктури [4]. Виділені кошти призначені для проектування, відновлення, модернізації, облаштування, ремонту об'єктів будівництва та інфраструктури в залізничній галузі, а також для придбання основних засобів для розвитку залізничних вантажних перевезень.

Подальшими кроками на шляху модернізації української залізниці заплановано здійснювати (з настанням сприятливих умов) забезпечення залізниць рухомим складом вітчизняного виробництва, здатним суттєво підвищити техніко-технологічні показники. Перевагу будуть мати проекти, спрямовані на підвищення швидкості руху вантажних поїздів до 100 – 120 км/год і пасажирських до 160 – 200 км/год, збільшення маси поїздів і строку їхньої експлуатації, зниження питомих витрат енергоресурсів, підвищення ефективності використання рухомого складу, зниження собівартості та підвищення рентабельності перевезень.

Висновки. Залізничний транспорт є однією з тих галузей світового господарства, що найбільш динамічно розвиваються. Модернізація залізничного транспорту є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності, безпеки та екологічної сталості транспортної галузі. Впровадження новітніх технологій, покращення інфраструктури та прийняття екологічних рішень допоможуть створити сучасну та конкурентоспроможну залізничну систему, яка відповідатиме потребам суспільства нині і в майбутньому. Слід зазначити, що на даному етапі в Україні внаслідок агресивного вторгнення росії модернізація залізничної галузі ускладнюється, оскільки першочерговими стають задачі забезпечення своєчасних перевезень пасажирів і вантажів та відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури.

Л і т е р а т у р а

1. Матвієнко В. В. Стратегічні напрями модернізації залізничного транспорту України як результат реформування галузі. Держава та регіони. Серія: Державне управління. 2016. Вип. 3 (55). С. 124-129.
2. Модернізація залізничної інфраструктури як чинник підтримки національної економіки в умовах війни на виснаження. Національний інститут стратегічних досліджень: веб-сайт. URL: <https://cutt.ly/jMhVnWi> (дата звернення 14.11.2023).
3. Дикань О. В., Твардієвич Ю. Ю. Шляхи модернізації залізничного транспорту. Фінансово-економічні проблеми розвитку суб'єктів господарювання в період становлення інноваційної економіки: збірн. наук. прац. Всеукр. наук.-практ. конф., Частина 1. Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2022. С. 105-109.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.09.2023 р. № 939. Урядовий портал. URL: <https://cutt.ly/zwYQ3zhR> (дата звернення 14.11.2023).

ПРОБЛЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Романенко О.А. – старший викладач, romanenko_o_a@pstu.edu

Кіріцева О.В. – старший викладач, kiritseva_o_v@pstu.edu

Приазовський Державний Технічний Університет

Україна, м. Дніпро

PROBLEMS OF TRANSPORTATION OF CARGO IN INTERNATIONAL COMMUNICATION

Romanenko O.A. – Senior Lecturer, romanenko_o_a@pstu.edu

Kiritseva O.A. – Senior Lecturer, kiritseva_o_v@pstu.edu

Azov State Technical University

Ukraine, Dnipro

Abstract: Currently, technical progress is developing so rapidly that it is very difficult to keep up with the times. The most important element of infrastructure is transport, so the key direction of increasing its efficiency is the formation of transport infrastructure. The development of technologies has not bypassed the transport infrastructure. Solving the problem of cargo transportation in international communication is one of the most popular in the whole world. Therefore, the issue of organization of transportation and means of transport as a whole is an urgent problem of our time. The theses examine the current problems of international transportation organization and possible ways to solve them.

Keywords: road transport; multimodal transportation; international road transport; transportation; computer modeling.

Актуальність дослідження зумовлена затребуваністю вивчення та вирішення проблеми перевезення вантажів у міжнародному сполученні.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу пошуку раціональних шляхів транспортного обслуговування, знаходження та усунення вузьких, проблемних місць по всьому ланцюжку міжнародних вантажоперевезень, а також запропоновано рішення заходів, які покращать якість послуг.

Основними завданнями міжнародних перевезень є забезпечення економічних зв'язків, розвиток міжнародної торгівлі та інших відносин між різними країнами, забезпечення своєчасної та збереженої доставки вантажів транспортом, безперешкодна передача цих вантажів на державних кордонах та збереження якості вантажу, що зданий до перевезення.

Важливим напрямом підвищення ефективності перевезень є розвиток змішаних перевезень та мультимодальних технологій на основі насамперед засобів контейнерної транспортної системи [1].

У разі ринкових відносин зростає роль транспорту у зовнішній торгівлі. Транспорт здійснює доставку товару від експортера до імпортера. Його

нормальне функціонування забезпечує виконання сторонами зобов'язань щодо купівлі-продажу та ефект зовнішньоторговельної угоди.

Велике значення має пошук раціональних шляхів транспортного обслуговування, вибір напрямку перевезення та способів транспортування товарів, форм та методів організації перевізного процесу.

Одним із важливих завдань у міжнародних перевезеннях на сучасному етапі є знаходження та усунення вузьких, проблемних місць у всьому ланцюжку міжнародних вантажних перевезень, насамперед, кваліфікована допомога відправникам вантажу та експедиторам на етапі підготовки до перевезення. Складність полягає в організації мультимодальних перевезень вантажів. Мультимодальне перевезення – транспортування вантажів за одним договором, виконане, як мінімум, двома видами транспорту. Насправді дуже важко узгодити роботу кількох видів транспорту. Необхідно чітко скоординувати рух рухомого складу таким чином, щоб два види транспортних засобів були на місці в момент вантажно-розвантажувальних робіт.

Також існує проблема, пов'язана з відсутністю постійного маршруту транспортування. Відбувається це тому, що перевезення великогабаритних і великовагових вантажів, зазвичай, є разовим замовленням. Тому щоразу доводиться розробляти нові шляхи проходження з урахуванням особливостей вантажу, кліматичних умов, рельєфу та інших чинників з допомогою комп'ютерного моделювання.

Розглядаючи питання використання сучасних технологій у транспортній структурі логістики, слід зазначити, що є проблема дефіциту інформації про програмне забезпечення [4]. Вирішення цієї проблеми у свою чергу залежить від фахівців програмного забезпечення, які повинні дуже зрозуміло пояснювати переваги і відмінності від схожих пакетів програм. Тільки після цього розробники зможуть реалізовувати свої товари, а логістичні фірми отримають необхідне програмне забезпечення, відправники при цьому мають можливість найвигідніших умов відправляти свої вантажі в потрібному напрямку.

Найшвидшого рішення вимагають такі питання як:

- спрощення контрольних процедур на кордоні та максимального їх перенесення на внутрішні митниці;
- впровадження у практику митних органів Європейської системи селекції ризиків та реалізації в Україні положень Міжнародної конвенції з контролю вантажів на кордоні;
- відкриття віз для водіїв-міжнародників.

З урахуванням вищесказаного, можливі шляхи вирішення поставлених проблем це:

- розвиток технологій мережевого комп'ютерного моделювання, збільшення його бази даних;
- автоматизація створення маршрутів за допомогою різних навігаційних систем (наприклад, GPS);
- забезпечення контролю транспортування вантажу на всьому шляху прямування;
- аналіз, моніторинг та обмін досвідом з іншими країнами в галузі автомобільних міжнародних перевезень.

Дані заходи скоротять час проходження транспортного засобу до пункту призначення, зменшать витрату палива та в цілому покращать якість послуг, що надаються.

Висновок. У результаті проведеного аналізу встановлені основні проблеми перевезення вантажів та акцентовано увагу не тільки на вирішенні цих проблем, а й на тому, що комплекс логістичних розрахунків може забезпечити надійність та ефективність вантажоперевезення. Внаслідок чого можливо уникнути непередбачених ризиків і витрат, зменшити накладні витрати і втрати, скоротити терміни доставки.

Л і т е р а т у р а

1. Гаман Н.О. Картографічне забезпечення транспортних логістичних потоків в Україні. URL: http://maptimes.inf.ua/CH_04/8.pdf.
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Київ: НБУВ, 2013-2015. Режим доступу: www.nbuv.gov.ua (дата звернення 25.09.2023) Назва з екрана.
3. Міщенко Г. І. Механізми державного управління розвитком транспортного обслуговування населення в регіоні / Г. І. Міщенко // канд. дис. Київ. 2016.
4. Маселко Т.Є. Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції. URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/17_2/301_Maselko_17_2.pdf.

АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ

Сапронова С.Ю. – д.т.н., проф., doc.sapronova@gmail.com

Оганісян Г.А. – магістр, ohanisyan_ha@gsuite.uit.edu.ua

Леонов С.М. – аспірант, leonov_sm@gsuite.uit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

ANALYSIS OF WAGON MAINTENANCE SYSTEMS

Sapronova S.Yu. – Doctor of Technical Sciences, Professor, doc.sapronova@gmail.com

Ohanisyan H.A. – master, ohanisyan_ha@gsuite.uit.edu.ua

Leonov S.M. – Postgraduate student, leonov_sm@gsuite.uit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The study is devoted to the analysis of systems of technical maintenance of wagons. The purpose of the maintenance system is to manage the technical condition of the wagons for a specified period of time in order to ensure the specified level of readiness of the wagons for their intended use and their efficiency during operation, as well as minimal maintenance and repair costs. One of the ways to solve the problem of technical maintenance of wagons in domestic railways and abroad has a lot in common in the system of technical maintenance. Important for Ukraine is the implementation of information systems for the collection, transmission, centralized storage and processing of primary information about the technical condition of each wagon.*

Keywords: *wagon, maintenance system, repair, maintenance*

Актуальність дослідження. Систему технічного утримання вагонів можна визначити як спеціальним чином територіально розповсюджену на мережі залізниць сукупність виробничих підприємств, на яких, у відповідності до єдиної галузевої нормативно-технічної документації, з урахуванням місцевих умов відбувається контроль технічного стану, технічного обслуговування та ремонту вагонів вантажного й пасажирського парків [1].

Метою системи технічного утримання є управління технічним станом вагонів протягом визначеного часу, щоб забезпечити заданий рівень готовності вагонів до використання за призначенням і їхню працездатність у процесі експлуатації, мінімальні витрати на виконання технічного обслуговування та ремонту. З цього випливає, що зазначена велика та складна система технічного утримання вагонів складається з елементів, якими є експлуатаційні та ремонтні підприємства, вагони, технології їх технічного обслуговування та ремонту, органи управління тощо. На АТ «Укрзалізниця» діє планово-попереджувальна система технічного обслуговування та ремонту вагонів, яка направлена на

забезпечення стабільної їх роботи при найменших витратах. Але в цій системі на залізниці України час від часу виникають організаційно-технічні проблеми, які негативно впливають на її функціонування. Щоб виправити негативну ситуацію в системі технічного утримання вагонів України, вагоноремонтні підприємства проводять роботи із впровадження нових технічних засобів та технологій. Однак темпи цих робіт суттєво відстають від темпів удосконалення технологій, що пропонуються для якісного технічного утримання вагонів [2].

Метою роботи є аналіз систем технічного утримання вагонів в Україні та за її межами.

Одним із шляхів вирішення проблеми технічного утримання вагонів в Україні є сучасні інформаційні та ресурсозберігаючі технології. Основним етапом роботи підприємств з технічного утримання вагонів за новими технологіями є інтенсифікація розробки та застосування методів та засобів нових інформаційних технологій протягом всього життєвого циклу (ЖЦ) вагона, які базуються на впровадженні діагностування технічного стану вузлів та деталей як в процесі експлуатації, так і в технологіях планових ремонтів [2, 5].

На зарубіжних залізницях можна виділити кілька підходів до організації системи ТО і Р вагонів [3]. Так, наприклад, на залізних дорогах Німеччини основним документом, регламентуючий систему ремонту вагонів, є промисловий стандарт DIN 31051 «Технічне обслуговування. Найменування операцій і технології виконання». Відповідно до цього документа технічний зміст включає в себе комплекс операцій по підтримці та відновленню технічного стану, а також оцінки фактичного технічного стану вагона. В документі регламентовані: технічне обслуговування, технічні огляди, ремонт і модернізація. Термін між ремонтами встановлюється в залежно від запасу «зносу» основних вузлів та деталей [3].

Наявні встановлені строки між ремонтами свідчать про планові стратегії проведення ремонтів, аналогічної, що використовується на вітчизняних залізничних дорогах.

На залізничних дорогах Великобританії застосовується система ремонту вантажних вагонів, яка передбачає виконання періодичного генерального, проміжного та поточного ремонтів. Виконання ремонтів вагонів здійснювалися приватною фірмою за договорами, яка на своїх підприємствах проводили технічні огляди та ремонт вагонів у інтервалах між рейсами. Ціль такого огляду – запобігти створенню аварійних ситуацій, які можуть виникнути в дорозі слідування за технічними несправностями вагонів. Крім того, вагони один раз в два місяця подаються в майстерні для виробництва, в раніше обумовленому обсязі, технічного обслуговування, що також свідчить про плановій стратегії при виконанні ремонтів крупного обсягу. Більше того, високошвидкісні поїзди

оснащені датчиками, що видають інформація про роботу обладнання, для планування та проведення технічного обслуговування. В компанії Bombardier розроблена система Orbita, базується на інформаційно-пошукових комп'ютерних технологіях. Вона дозволяє в автоматичному режимі аналізувати і формувати відомість. Відповідність класифікує відмови в трьох категоріях, кожна з яких відповідає власному кольору - зелений, жовтий або червоний. Колір показує, наскільки важливо звернути увагу на ту чи іншу одиницю рухомого складу. Аналогічний прилад пошуку несправностей Traintracer розроблено в компанії Alstom. Traintracer використовує дані GPS для визначення точного розташування місця виникнення несправності [4]. В Франції технічне обслуговування залізничного рухомого складу виконують в основному в підрозділах Національної компанії французьких залізничних доріг (SNCF - National Société des Chemins de Fer Français) Розрізняють п'ять рівнів технічного обслуговування та ремонту:

- щоденний технічний огляд та екіпіровка;
- міжрейсове технічне обслуговування з усуненням невеликих дефектів;
- ремонт малого об'єму з плановою заміною деяких вузлів та деталей;
- ремонт середнього об'єму (відновний);
- ремонт великого об'єму (капітальний) з поліпшенням технічних і експлуатаційних параметрів або модернізації.

Для кожного рівня встановлена періодичність в одиницях календарної тривалості та/або напрацювання (табл. 1).

Таблиця 1 – Періодичність проведення ремонтів на французьких залізницях

Вид	Технічне обслуговування	Періодичність
ES	технічний огляд без відступу в експлуатації	5000 км
ECC	технічний огляд обладнання, без відчеплення в експлуатації	8 днів
ATC	періодичне технічне обслуговування	22 дні
ECF / EMN	плановий огляд обладнання / плановий огляд механічної частини	37 днів
ATS1	періодичне технічне обслуговування 1	52 дні
ATS2	періодичне технічне обслуговування 2	168 днів
VL	ремонт малого об'єму	450 000 км або 10 міс.
VG	загальний ремонт	900 000 км або 19 міс.
GVG	загальний ремонт збільшеного об'єму	1800 000 км або 37 міс.

При ремонті середнього обсягу, ремонтують або замінюють окремі елементи, кожний з яких має свій життєвий цикл, і основні зусилля враховані на ремонт з відновленням необхідного стану його несучої конструкції та ряду

компонентів (наприклад, підлоги і дверей), а також внутрішнього обладнання. Періодичність цих робіт складає 15-20 років. При капітальному ремонті, який входить в рівень 5, здійснюється повна заміна технічно застарілих елементів або переробка кузова з урахуванням змін вимог клієнтів і появи нових нормативів. Тоді ж, якщо це необхідно, проводиться модернізація з перекомпонуванням одиниць рухомого складу. Терміни цих робіт визначаються в індивідуальному порядку для кожної серії рухомого складу [3, 4]. В системі ТОiP залізничних доріг Франції при плануванні ремонтів використовується комбінований критерій (кілометрове та календарне напруження).

Система ТОiP грає важливу роль при експлуатації високошвидкісних поїздів. Так, наприклад, для високошвидкісного поїзду (поїзди німецька платформа «Velaro») стратегія ремонту орієнтована на оцінку фактичного технічного стану обладнання і передбачає кілька підходів до виконання різних видів робіт. При розробці конструкції передбачається перевірка елементів обладнання з метою установа терміну служби залежно від умов експлуатації з обліком впливів, які викликають знос, а також виконується оптимізація витрат на обслуговування і ремонт. Крім того, передбачений періодичний (регулярний) контроль стану окремих компонентів і груп обладнання, що дозволяє використовувати отримані дані для прогнозування показників надійності.

Планування та проведення технічного обслуговування здійснюється в автоматизованому режимі за допомогою комп'ютеризованої системи Управління технічним обслуговуванням (CMMS - Computerized Maintenance Система управління) [4].

Установлені види виправлення та обслуговування та їх періодичність наведені в табл. 2. Працездатність поїзда та його вузлів, відновлюється агрегатним методом, в умовах депо, відбувається блочно-модульна заміна несправного вузла (блоку) вузлом (блоком) з складу оборотних комплектів.

Таблиця 2 - Елементи системи ТОiP високошвидкісного поїзду

Вид	Міжремонтний пробіг	Мінімальний час простою	Примітки
L	4000 км $\pm$ 10 %	1 ч	Виконується в умовах депо
N	20000 км $\pm$ 20 %	4 ч	
IS 510	120000 км $\pm$ 10 %	11 ч	
IS 520	240000 км $\pm$ 20 %	23 ч	
IS 530	480000 км $\pm$ 20 %	35 ч	
R1	1250000 км $\pm$ 20 %	10 робочих днів	Виконується в умовах заводу
R2	2500000 км $\pm$ 20 %	14 робочих днів	
R3	3750000 км $\pm$ 20 %	26 робочих днів	

R4	5000000 км $\pm$ 20 %	28 робочих днів	
R5	7500000 км $\pm$ 20 %	48 робочих днів	

В Північній Америці (США) немає єдиної системи технічного утримання, а ремонт проводиться лише по необхідності [2]. Державні організації Асоціація Американських залізних доріг (ААЗД) і Федеральна залізнична адміністрація (ФЗА) установлює тільки технічні нормативи на експлуатацію і обслуговування, яким повинні відповідати вагони за умовами безпеки руху. Гальмівна система вагона - єдиний компонент в конструкції вантажного вагона, огляд і технічне обслуговування якого в США проводиться суворо за встановленим графіком, а нормативний стандарт щодо безпеки гальмівної системи залізничного рухомого складу встановлюється державними органами нагляду. В даний час перевірка пневматичної гальмівної системи проводиться:

- через 8 років після будівництва або ремонту/модернізації вагону;
- через кожні 5 років після події, описаній вище;
- додатково: існує ще 12 інших причин для проведення ремонту.

На залізницях Карм'є (Канада) застосовують циклічний ремонт вагонів, при якому вагони через кожні 45 днів (19 тис. км пробігу) поступають в депо для періодичного ремонту. На залізницях Японії ремонт високошвидкісних поїздів виконується по планово-аварійній системі [2]. Загальний огляд виконується на вагоноремонтних заводах, здійснюється через 1-4 роки з простою в ремонті 2,2 дня. Частий ремонт проводиться в умовах депо через 8 місяців, періодичний огляд - через 35-55 днів, а оглядова поїздка – через кожні 16 годин.

Особливу увагу заслуговує система технічного утримання італійських залізниць, яка основана на плановому принципі. Кожна одиниця рухомого складу розглядається як комплекс окремих вузлів та деталей, занесених в базу даних і контролюючих по встановленим параметрам. В першу чергу увага приділяється ремонту вузлів та деталей, що безпосередньо впливають на безпеку руху поїздів. В інформаційній базі вказується термін служби вузлів та деталей, за закінчення яких їх використання зупиняється, елемент замінюють і відправляють або в ремонт, або на утилізацію [4].

Як видно, на вітчизняних залізничних дорогах, а також за кордоном в системі технічного утримання багато спільного. В більшості країн використовують планову стратегію проведення ремонтів, у тому числі при обслуговуванні високошвидкісних поїздів. Для визначення періодичності проведення ремонту використовують різні автоматизовані системи, що мають інформацію про технічний стан окремих, найбільш відповідальних деталей та вузлів. Такий підхід стає можливим з впровадженням сучасних інформаційних технологій. В даний час на залізницях України на базі АТ «Укрзалізниця» діє

галузева інформаційна мережа. Впроваджена система збору, передачі, централізованого зберігання та обробки первинної інформації про технічний стан кожного вагона.

Висновки. В силу об'єктивних причин, можливості інформаційних систем, застосовуваних в вагонному господарстві, використовуються не повністю. Ці системи можуть стати складовою частиною автоматизованої системи управління фактичним технічним станом вагонів у експлуатації.

Л і т е р а т у р а

1. Ц-0043. Інструкція з технічного обслуговування вагонів в експлуатації, затверджена наказом Укрзалізниці № 417-Ц від 25.09.2008 р.
2. Равлюк, В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2018. Ч.1. 58 с.
3. DIN 31051. European standards. <https://www.en-standard.eu/ics-codes/01-generalities-terminology-standardization-documentation/>
4. Rail Logistics Europe. <https://www.sncf.com/fr#menu>
5. ДСТУ ГОСТ 31538-2016. Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги. (ГОСТ 31538- 2012 IDT). [Чинний від 2016-10-01]. Київ: Держстандарт України, 2016. 10 с. (Національні стандарти України).

НОВА ТЕОРЕТИЧНА МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ НОРМАТИВНИХ СТРОКІВ СЛУЖБИ ХРЕСТОВИН СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

***Сорока О.О.** – ст. викладач, soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

A NEW THEORETICAL METHODOLOGY FOR PREDICTING THE NORMATIVE SERVICE LIFE OF TURNOUT CROSS PIECES

***Soroka O.O.** – Senior Lecturer, soroka_oo@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technology
Kyiv, Ukraine, Kyiv*

Abstract. Turnouts operate in more difficult conditions than conventional track and are exposed to a variety of operational factors that must be taken into account when studying their operation. The standardization of turnouts service life is one of the fundamentals of switch management, and the planning of repairs and replacement of structural elements directly affects resource saving.

Keywords: *subgrade, diagnostics, traditional methods, geophysical methods, mobile complexes*

Актуальність дослідження. Нормування строків служби стрілочних переводів є важливою задачею у веденні стрілочного господарства, планування ремонтів, заміни конструктивних елементів і безпосередньо впливає на ресурсозбереження. Регламентовані строки служби стрілочних переводів визначаються по нормативу зносу рейкових елементів – вістряків, рамних рейок і хрестовин [1, 2]. При цьому найменший строк служби мають жолобчаті хрестовини, так як в межах їх довжини реалізується перетин рейкових ниток, а конструктивні особливості пов'язані з необхідністю руху колеса по малим контактним площинам в зоні перекочування з вусовика на осердя. Строк служби хрестовин в 2-3 рази менше ніж стрілок. Тому прогнозування строків служби хрестовин стрілочних переводів є пріоритетною задачею.

Метою роботи є прогнозування нормативних строків служби хрестовин для конструкцій стрілочних переводів магістрального транспорту типу Р65 марки 1/9, укладених на залізобетонних і дерев'яних брусах для різних умов експлуатації по вантажонапруженості: від вантажонапруженого руху головних колій до прийнятно-відправних колій з малою вантажонапруженістю [3, 4].

Дослідження виконувались з метою встановлення аналітичної залежності $h = f(T)$, відповідно до відомого з попередніх досліджень виразу:

$$h = a\sqrt{T} + \epsilon T, \quad (1)$$

де T – пропущений тоннаж; h – вертикальний знос; a, ϵ – деякі коефіцієнти, які встановлюються окремо для кожної конструкції.

Рішення задачі по визначенню прогнозного нормативного пропущеного тоннажу по хрестовинам було виконано за допомогою нової теоретичної методики прогнозування зносу поверхні кочення по хрестовинам залежно від умов експлуатації, яка включає спільне застосування: експлуатаційних спостережень за роботою хрестовин на залізницях; математично-статистичного аналізу результатів спостережень; графоаналітичний аналіз і побудову графічних залежностей прогнозованого зносу у функції від пропущеного тоннажу; і на заключному етапі розробку кінцевих розрахункових формул для визначення прогнозованого нормативного тоннажу ($T_{\text{норм}}$), що очікується пропускати по хрестовинам при досягненні нормованої величини зносу поверхні кочення ($h_{\text{норм}}$). Для вирішення поставлених задач було виконано наступне.

На 1-му етапі було виконано збір і обробку результатів широкомасштабних експлуатаційних спостережень за роботою в колії стрілочних переводів типу

Р65 1/11 та 1/9 на залізницях України протягом декількох років в різних умовах експлуатації при вантажнапруженості (Γ) від 5 до 80 млн ткм/км за рік. До аналізу (в межах кожної категорії вантажнапруженості) були прийняті хрестовини з реалізованим вертикальним зносом, що досягнув нормованої величини ($h_{\text{норм}}$), і став причиною видалення хрестовин з експлуатації.

Дослідженнями встановлена функціональна залежність нормативного тоннажу ($T_{\text{норм}}$) для хрестовин стрілочних переводів, від комплексу експлуатаційних умов, за яких працюють стрілочні переводи $T_{\text{норм}} = f(\Gamma, U)$. (Тут Γ – вантажнапруженість ділянки, млн. т км/км за рік; U – комплексна характеристика експлуатаційних умов, $\frac{\kappa H \cdot c}{m}$), яка враховує середньозважені (по тоннажу) швидкості ($V_{\text{сер}}$) та середньозважені (по тоннажу) осьові навантаження рухомого складу ($P_{\text{сер}}^{\text{ос}}$), що обертається на ділянці залізниці (рис. 1).

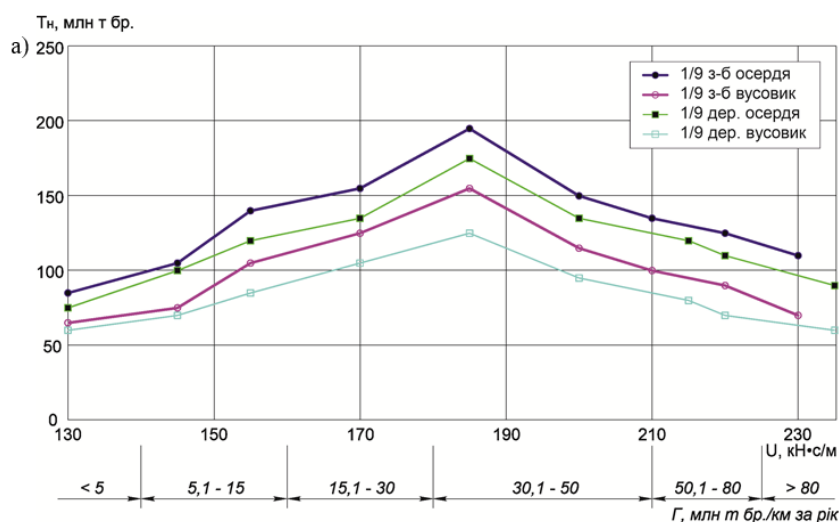


Рисунок 1 – Функціональна залежність нормативного тоннажу $T_{\text{норм}}^{\text{сер.ст.}}$ для хрестовин стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9 від комплексу експлуатаційних умов при яких вони працюють $T_{\text{норм}} = f(\Gamma, U)$

На другому етапі виконувалось визначення і побудова розрахункових кривих зносу поверхні кочення осердя та вусовиків хрестовин у функції від пропущеного тоннажу $h_i = f(T_i)$.

При тому, перша головна розрахункова точка ($\cdot$) М кривої зносу для ($T_{\text{норм}}$) приймалась на основі аналізу експлуатаційних спостережень за роботою хрестовин в колії при нормативній величині зносу для типу Р65 $h_{\text{норм}} = 6,0 \text{ мм}$ (рис. 2). Місце розташування цієї точки для кожного конкретного випадку відрізняється для

ділянок з різною вантажнапруженістю через реалізацію різного впливу умов експлуатації.

Подальша побудова розрахункових кривих зносу виконується наступним чином.

На рис. 2 можна побачити, що 1-й член рівняння ($a\sqrt{T}$) в більший мірі переважає на ділянці від початкового пропущеного тоннажу $T=0$ до тоннажу $T_{норм}^{сер}$, тому в першому наближенні можна визначити прогнозну криву на першій (криволінійній) ділянці $l_1 = T_{норм}$ за виразом (2). З рівняння (2) при відомих значеннях $h_{норм}$ та $T_{норм}^{сер}$ можна знайти коефіцієнт « a_1 ».

$$h_n = a_1 \sqrt{T_{норм}^{сер}} \quad (2)$$

Коефіцієнт « a_1 » можна вважати як величину коефіцієнта « a » в першому наближенні.

На третьому етапі рішення задачі було визначено ухил прямої ділянки графіка зносу поверхні кочення хрестовин, що описується другим членом (« $v \cdot T$ ») основного рівняння (1).

На цьому етапі рішення задачі розглядалась ділянка від $T_{норм}^{сер}$ до T_{max} , де T_{max} приймається рівним максимальному пропущеному тоннажу по хрестовинам, що були прийняті для досліджень. (звичайно, для достовірності досліджень, достатньо приймати $T_{max} \approx 2,0 \div 2,5(T_{норм}^{сер})$ (рис. 2)).



Рисунок 2 – Схема для визначення рівняння прямої ділянки кривої зносу $h = \text{tg}\alpha \cdot T_i + h_0$

При значеннях пропущеного тоннажу більших ніж $T_{норм}^{сер}$ в рівнянні (1) при визначенні величини зносу хрестовини (h_i) здійснюється більший вплив на шукану величину зносу 2-го члена рівняння (1) « $v \cdot T$ », який на графіку характеризується прямою лінією, що має ухил до горизонталі, по якій вказується збільшення пропущеного тоннажу. Ухил (α) прямої ділянки графіку зносу залежності (1) був визначений згідно схеми на рис. 2 за відповідним алгоритмом.

$$tg\alpha = \frac{h_{сер3} - h_{норм}}{l_2 + l_3 / 2} \quad (3)$$

Цей же тангенс кута в першому наближенні можна приймати як коефіцієнт « ϵ » вихідного рівняння кривої зносу (1). Однак, в зв'язку з тим, що на даному етапі ще не визначено кінцеве значення коефіцієнта « a », але воно визначено лише в першому наближенні як « a_1 », то так само і коефіцієнт « ϵ » рівняння (1) також приймаємо в першому наближенні, тобто $tg\alpha = \epsilon_1$.

На наступному етапі рішення задачі виконуються уточнення коефіцієнтів « a_1 » і « ϵ_1 » вихідного рівняння (1). Після виконання необхідних математичних перетворень отримуємо уточнені значення коефіцієнтів « a_2 » і « ϵ_2 » для заключного відкорегованого рівняння кривої $h_i = a_2 \cdot \sqrt{T_i} + b_2 \cdot T_i$:

$$a_2 = \frac{a_1 \cdot \sqrt{T_n} - b_1 \cdot T_n}{\sqrt{T_n}} \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{h_n + b_1 \cdot (T_{сер2} - T_n) - a_2 \cdot \sqrt{T_{сер2}}}{T_{сер2}} \quad (5)$$

У випадках, коли невідоме значення нормативного тоннажу (T_n), який потрібно пропустити по конструкції хрестовини до набуття нормативного зносу (h_n) поверхні кочення (по осердю або вусовику) отримана наступна розрахункова формула для визначення необхідного нормативного пропущеного тоннажу:

$$T_{норм}^{розр} = \left(\frac{-a + \sqrt{a^2 + 4 \cdot \epsilon \cdot h_n}}{2 \cdot \epsilon} \right)^2 \quad (6)$$

В формулі (6) приймається $a = a_2$; $\epsilon = \epsilon_2$; h_n – нормується згідно відповідних нормативних технічних документів [1, 2].

Крім того, формулу (6) можна застосовувати для перевірки графіків кривих вертикального зносу хрестовин, які побудовані на основі емпіричних даних, що отримані в процесі експлуатаційних спостережень за роботою хрестовин в колії і статистичної математичної обробки емпіричних даних.

За таким алгоритмом, було проаналізовано увесь масив даних вилучених з експлуатації хрестовин стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9, що досягли граничного зносу, та встановлено аналітичні рівняння прогнозних кривих формування вертикального зносу, як функції пропущеного тоннажу для хрестовин стрілочних переводів при різних параметрах вантажонапруженості ділянок (різних категорій колій). В табл. 1 наведені результати розрахунків нормативного тоннажу $T_{норм}^{сер.ст.}$ осердь та вусовиків хрестовин для стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9, а на рис. 3, 4 зображені криві прогнозованого зносу цих елементів.

Таблиця 1 – Функціональна залежність нормативного тоннажу хрестовин стрілочних переводів Р65 1/9 від комплексу експлуатаційних умов, при яких вони працюють $T_{норм} = f(\Gamma, U)$

№№ кривих	Вантажо-напруженість, Γ , млн. т км / км в рік	Комплексна (інтегральна) характеристика експлуатаційних умов, U , кН·с/м	Статистичний норматив пропущеного тоннажу, $T_{норм}$, млн т бруто при $h_0=6$ мм	Розрахункові параметри, що приймаються						Розрахункове рівняння кривої зносу $h = a_2 \cdot \sqrt{T} + e_2 \cdot T$	Розрахунковий нормативний тоннаж, млн т бруто $T_{норм}^{розр} = \left(\frac{-a + \sqrt{a^2 + 4 \cdot e \cdot h_0}}{2 \cdot e} \right)^2$
				$a_1 = \frac{h_0}{\sqrt{T_s}}$	Δh , мм	$\frac{\Delta T}{\Delta h}$, млн т бруто	$e_1 = \frac{\Delta h}{\Delta T} = \lg \alpha$	$a_2 = \frac{a_1 \cdot \sqrt{T_s} - e_1 \cdot T_s}{\sqrt{T_s}}$	$e_2 = e_1$		
Р65 1/9, осердя, залізобетонні бруси											
1	5,1-15	155	140	0,501745	0,3	85,0	0,003529	0,459540	0,003529	$h = 0,459540 \cdot \sqrt{T} + 0,003529 \cdot T$	143,00
2	15,1-30	170	155	0,489898	0,7	113,0	0,005000	0,428661	0,005000	$h = 0,428661 \cdot \sqrt{T} + 0,005 \cdot T$	150,00
3	30,1-50	200	150	0,486664	0,4	75,0	0,005333	0,420911	0,005333	$h = 0,420911 \cdot \sqrt{T} + 0,005333 \cdot T$	152,00
Р65 1/9, осердя, дерев'яні бруси											
4	5,1-15	155	120	0,538816	0,1	60,0	0,001667	0,520257	0,001667	$h = 0,520257 \cdot \sqrt{T} + 0,001667 \cdot T$	124,00
5	15,1-30	170	135	0,52027	0,7	116,0	0,006034	0,450673	0,006034	$h = 0,450673 \cdot \sqrt{T} + 0,006034 \cdot T$	133,00
6	30,1-50	200	135	0,51262	0,2	68,0	0,002941	0,478189	0,002941	$h = 0,478189 \cdot \sqrt{T} + 0,002941 \cdot T$	137,00
Р65 1/9, вусовики, залізобетонні бруси											
1	5,1-15	155	105	0,58332	0,5	68,8	0,00727	0,50857	0,00727	$h = 0,50857 \cdot \sqrt{T} + 0,00727 \cdot T$	105,8
2	15,1-30	170	125	0,53773	1,1	72,9	0,01509	0,36937	0,01509	$h = 0,36937 \cdot \sqrt{T} + 0,01509 \cdot T$	124,5
3	30,1-50	200	115	0,56146	0,8	73,5	0,01088	0,44514	0,01088	$h = 0,44514 \cdot \sqrt{T} + 0,01088 \cdot T$	114,2
Р65 1/9, вусовики, дерев'яні бруси											
4	5,1-15	155	85	0,64438	0,2	28,9	0,00657	0,58316	0,00657	$h = 0,58316 \cdot \sqrt{T} + 0,00657 \cdot T$	86,7
5	15,1-30	170	105	0,58305	0,5	46,0	0,01088	0,47109	0,01088	$h = 0,47109 \cdot \sqrt{T} + 0,01088 \cdot T$	105,9
6	30,1-50	200	95	0,61142	0,3	39,7	0,00756	0,53722	0,00756	$h = 0,53722 \cdot \sqrt{T} + 0,00756 \cdot T$	96,3

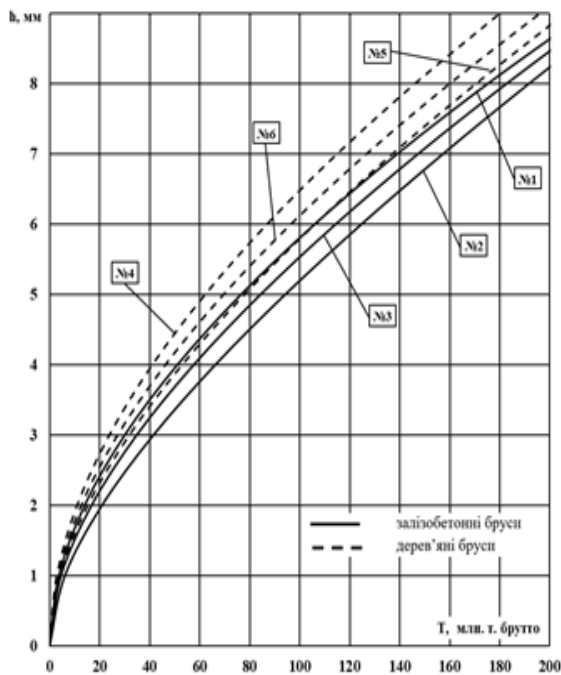


Рис. 3 Криві прогнозованого зносу вусовиків хрестовин стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9, де:

№1 – $\Gamma=5,1 \div 15$ млн. т км/км за рік, $U=155$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=105,8$ млн т бруто №2 – $\Gamma=15,1 \div 30$ млн. т км/км за рік, $U=170$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=124,5$ млн т бруто №3 – $\Gamma=30,1 \div 50$ млн. т км/км за рік, $U=200$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=114,2$ млн т бруто	з/б
№4 – $\Gamma=5,1 \div 15$ млн. т км/км за рік, $U=155$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=86,7$ млн т бруто №5 – $\Gamma=15,1 \div 30$ млн. т км/км за рік, $U=170$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=105,9$ млн т бруто №6 – $\Gamma=30,1 \div 50$ млн. т км/км за рік, $U=200$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=96,3$ млн т бруто	
дер.	

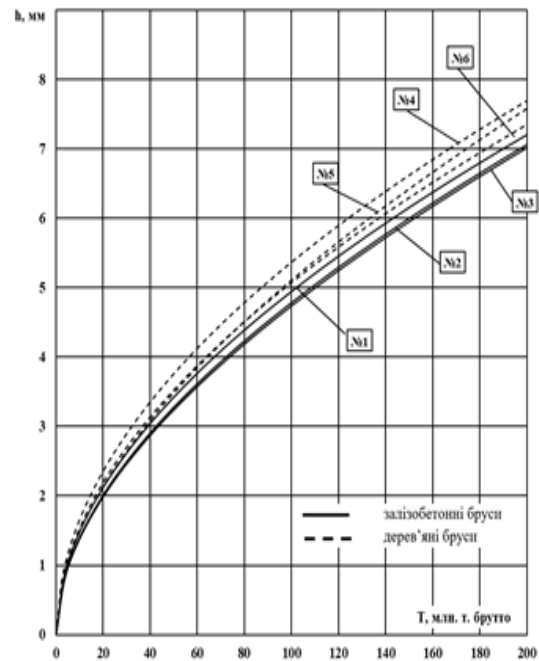


Рис. 4 Криві прогнозованого зносу осердь хрестовин стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9, де:

№1 – $\Gamma=5,1 \div 15$ млн. т км/км за рік, $U=155$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=143$ млн т бруто №2 – $\Gamma=15,1 \div 30$ млн. т км/км за рік, $U=170$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=150$ млн т бруто №3 – $\Gamma=30,1 \div 50$ млн. т км/км за рік, $U=200$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=152$ млн т бруто	з/б
№4 – $\Gamma=5,1 \div 15$ млн. т км/км за рік, $U=155$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=124$ млн т бруто №5 – $\Gamma=15,1 \div 30$ млн. т км/км за рік, $U=170$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=133$ млн т бруто №6 – $\Gamma=30,1 \div 50$ млн. т км/км за рік, $U=200$ кН·с/м, $T_{норм}^{розр}=137$ млн т бруто	
дер.	

Висновок. Нова теоретична методика дозволяє прогнозувати знос поверхні кочення по хрестовинам залежно від умов експлуатації, яка включає спільне застосування: експлуатаційних спостережень за роботою хрестовин на залізницях, математично-статистичний аналіз результатів спостережень, графоаналітичний аналіз і побудову графічних залежностей прогнозованого зносу у функції від пропущеного тоннажу, а також отримані кінцеві розрахункові формули для визначення прогнозованого нормативного тоннажу, що очікується пропускати по хрестовинам при досягненні нормованої величини зносу.

Л і т е р а т у р а

1. Даніленко Е.І., Орловський А.М., Курган М.Б., Яковлев В.О., Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП-0269. Київ: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. 456 с.
2. СТП 06-041:2022. Верхня будова колії. Стрілочні переводи. Правила визначення нормативних та гарантійних строків служби у різних експлуатаційних умовах. [Чинний від 2022-01-12]. Київ: Стандарт акціонерного товариства «Українська залізниця», 2022. 47 с. (Стандарт підприємства).
3. Даніленко Е. І. Залізнична колія : підручник для вищих навчальних закладів у 2-х томах / Е. І. Даніленко. К.: Інпрес, 2010. Том 1. 528 с.
4. ДСТУ ISO 9002-2020. Споруди транспорту. Класифікація, періодичність призначення та проведення планово-запобіжних ремонтів залізничних колій [Чинний від 2021-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2020. 51 с. (Національні стандарти України).

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТИПУ MAGLEV

Сохацький А.В. – д.т.н., проф., Sokhatsky_anatoly@ukr.net
Інститут транспортних систем та технологій НАН України,
Університет митної справи та фінансів
Україна, м. Дніпро

Телуєва В.С. – бакалаврант, teluevaviktorias@gmail.com
Університет митної справи та фінансів
Україна, м. Дніпро

PROSPECTS FOR THE CREATION OF HIGH-SPEED VEHICLES OF THE MAGLEV TYPE

Sokhatskyi A.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Sokhatsky_anatoly@ukr.net
Institute of Transport Systems and Technologies, National Academy of Sciences of Ukraine,
University of Customs and Finance
Ukraine, Dnipro

Telueva V.S. – bachelor's student, teluevaviktorias@gmail.com
University of Customs and Finance
Ukraine, Dnipro

Abstract. *There are two ways to create high-speed mass land transport: the first is to improve existing modes of transport; the second is to create new modes of transport. The paper considers the problem of creating high-speed mass ground transportation of the MAGLEV type. There are three main technologies for magnetic suspension of Maglev vehicles: superconducting magnets (electrodynamic suspension, EDS); electromagnets (electromagnetic suspension, EMS); and permanent magnets.*

Magnetic transport with electrodynamic levitation is a fundamentally new type of transport and is a fundamental novelty in the field of transport technologies. The problems of developing transportation technologies such as MAGLEV are considered

Keywords: *electrodynamic suspension, electromagnetic suspension, permanent magnets, superconductivity, movement dynamics.*

Актуальність дослідження. Однією з найбільш актуальних проблем технічного прогресу є створення високошвидкісного масового наземного транспорту (ВШНТЗ – високошвидкісний наземний транспортний засіб). Розробка такого транспорту ведеться двома шляхами: перший – створення нового виду транспорту з використанням традиційних технічних розробок рухомого залізничного складу та шляхової структури; другий – створення нових видів транспорту, починаючи з нових принципів руху, підвісу, поперечної стабілізації рухомого складу і закінчуючи автоматизованою системою управління [1-5].

Метою роботи є проведення оглядового аналізу з проблем використання традиційних транспортних технологій та розробка MAGLEV технологій.

Основна частина. Розробка та експлуатація швидкісного наземного транспорту є першочерговою задачею суспільства. Прикладом введення в дію подібного транспорту є потяг TGV у Франції. Це поклало початок створення європейської серії рейкового високошвидкісного наземного транспорту, успішно конкуруючого з авіацією. На дільниці Париж-Ліон система TGV знизила навантаження на авіалініях на 40% та на автотранспорті на 25% [1]. Високошвидкісні потяги типу TGV віддзеркалюють високотехнологічні розробки направлені на забезпечення швидкісного та безпечного руху. До них відноситься удосконалена підвіска, нова конструкція візка та коліс, більш ефективна система струмоприймачів, а також удосконалена система контролю роботи силових установок.

Аналогічну рейкову транспортну систему ICE введено в дію в Німеччині. В Австралії створено “швидкий потяг” VFT (350 км/год). Високошвидкісні рейкові транспортні системи будуються і в інших країнах: Італії (лінія північ-південь), Іспанії (Мадрид-Севілья) та ін.

Європа має широко розвинуту інфраструктуру залізниць. Цю мережу можна використати для швидкісних потягів, хоча не на самих високих швидкостях. Пошук альтернативи колесу триває, так як воно вичерпало свої можливості в підвищенні швидкості. Вважається, що термін життя потягів TGV, ICE, VFT буде складати біля 30 років. Потім потрібно буде вносити корективи в використання швидкісних потягів колісного типу, чи пристосувати рейковий шлях для роботи магнітолевітуючих транспортних засобів [2].

Виникає запитання наскільки конкурентноздатні рейкові транспортні системи? Які критерії оцінки досконалості транспортних апаратів приймати? Є різні пропозиції. Так пропонується за оцінку досконалості транспортних систем приймати корисне навантаження на одиницю рухомого складу та питома потужність на одно пасажиро-місце.

На кінець 20 століття у найбільш розвинутих країнах світу розроблялося більше 200 проектів транспортних систем різноманітних конструкцій. На сьогодні в світі побудовано більше 20 полігонів для випробування та наукових досліджень нових транспортних систем. Багатьма країнами фінансуються розробки направлені на створення екологічно чистих з низьким рівнем шуму транспортних засобів.

До другого напрямку відноситься створення транспортних систем з використанням магнітної левітації. Принцип дії магнітної левітації (Transrapid, Maglev) полягає у тому, що потяг летить над естакадою, використовуючи магнітне поле. Розрізняють магнітний підвіс двох основних типів: електромагнітного та електродинамічного (рис.1)[1-5]. Для випадку електромагнітного підвісу величина кліренсу поміж транспортним апаратом та

шляховою структурою може складати кілька десятків міліметрів. Це вимагає будівництва направляючого шляху з мінімальними допусками. Крім цього погодні умови (лід, сніг) можуть вносити серйозні проблеми при експлуатації такої транспортної системи. Така система підвісу вимагає спеціальних систем поздовжньої та поперечної стабілізації для покращення динаміки руху та комфорту пасажирів.

В електродинамічній системі підвісу транспортний апарат рухається над відокремленим шляхопроводом, а в електромагнітній модифікації – підвішується знизу. На сьогодні відчувається гостра конкуренція поміж цими системами підвісу, особливо вона загострилася після повномасштабних випробовувань дослідних натуральних апаратів в ФРН та Японії зі швидкостями, що перевищують 400 км/год.

Електродинамічна система підвісу має менш жорсткі вимоги, так як зазор поміж транспортним апаратом та шляховою структурою на порядок більший ніж при електромагнітній.

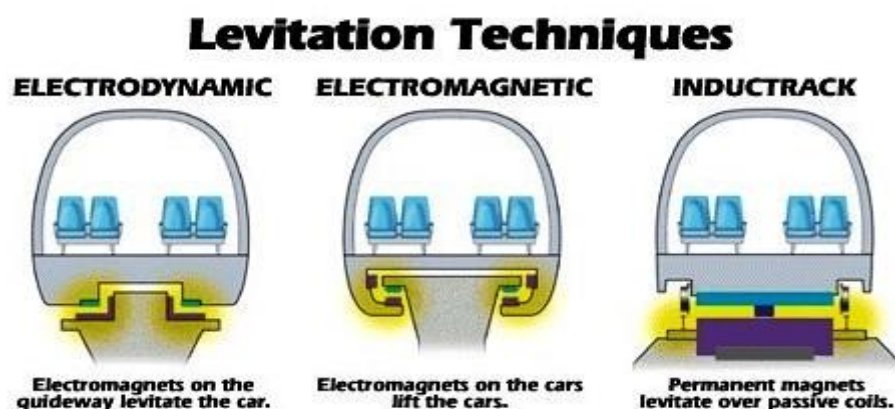


Рисунок 1 – Схема типів магнітного підвісу MAGLEV транспортного засобу з електродинамічним, електромагнітним та магнітними підвісами

Потяги на базі технології EMS приводяться в рух і здійснюють гальмування за допомогою лінійного двигуна, який являє собою звичайний статор (нерухома частина лінійного електродвигуна), розгорнутий вздовж нижньої частини полотна, а опорні електромагніти, в свою чергу, працюють в якості ротора цього електродвигуна. Таким чином, замість отримання крутного моменту, змінний струм в котушках генерує біжуче електромагнітне поле, яке переміщує потяг безконтактно. Зміна сили і частоти змінного струму дозволяє регулювати тягу і швидкість потягу.

У разі застосування технології електродинамічного підвісу (EDS) левітація здійснюється при взаємодії магнітного поля, створюваного надпровідними магнітами на борту потягу з електропровідним полотном. На базі технології EDS

побудовані японські поїзди JR-Maglev. На відміну від технології EMS, в якій застосовані звичайні електромагніти з джерелом неперервного живлення, надпровідні електромагніти проводять струм навіть після того, як джерело живлення відключене. Проте, кріогенна система охолодження, яка використовується для підтримання наднизьких температур в котушках, виявляється досить дорогою.

Магнітний транспорт з електродинамічною левітацією уявляє собою принципово новий вид транспорту—фундаментальну новизну в області транспортних технологій. Вона полягає перш за все в тому, що рух транспортного засобу здійснюється безконтактним способом, тобто взаємодія рухомого складу та шляхової структури виконується за допомогою електромагнітного поля. Але з ростом швидкостей виникають значні аеродинамічні сили, які впливають на динамічні характеристики транспортного засобу. Проведені дослідження показали, що їх обов'язково необхідно урахувати [1, 2].

Створення таких перспективних високошвидкісних наземних транспортних засобів є однією з найважливіших проблем. Її вирішенням займаються і в Україні. На сьогодні розроблено дослідний зразок такого транспортного апарату в Інституті транспортних систем та технологій Національної Академії наук України. Його розробці передувала напружена науково-дослідна робота. За результатами науково-дослідних робіт було розроблено експериментальний зразок транспортного засобу з електродинамічною системою підтримки (рис.2). Корпус транспортного засобу включає кабінку екіпажу, вантажного відсіку, систем підтримки та тягових пристроїв. В кабінці екіпажу розміщені системи управління апаратом, контрольно-вимірювальна апаратура та робочі крісла пілотів. Транспортний апарат має довжину 6000 мм, ширину 2500 мм., висоту – 2400 мм. Його маса з надпровідними магнітами складає 1300 кг.

Однією з найважливіших проблем створення такого транспортного засобу є забезпечення придатних параметрів динаміки руху. Для цього в Інституті транспортних систем та технологій Національної академії наук України було виконано серію теоретичних та експериментальних досліджень з розробки цілого ряду різноманітних компоновок ВШНТЗ, з відповідній їй моделлю шляхової структури. Іншою важливою проблемою є розробка надпровідних пристроїв левітації. Надпровідність - дивовижний ефект, який спостерігається в багатьох матеріалах, що проводять електричний струм. Полягає він у тому, що за певної температури і певної сили струму опір матеріалу знижується до нуля. Іншим проявом надпровідності є згаданий ефект Мейснера, який люди давно хочуть використовувати в техніці.

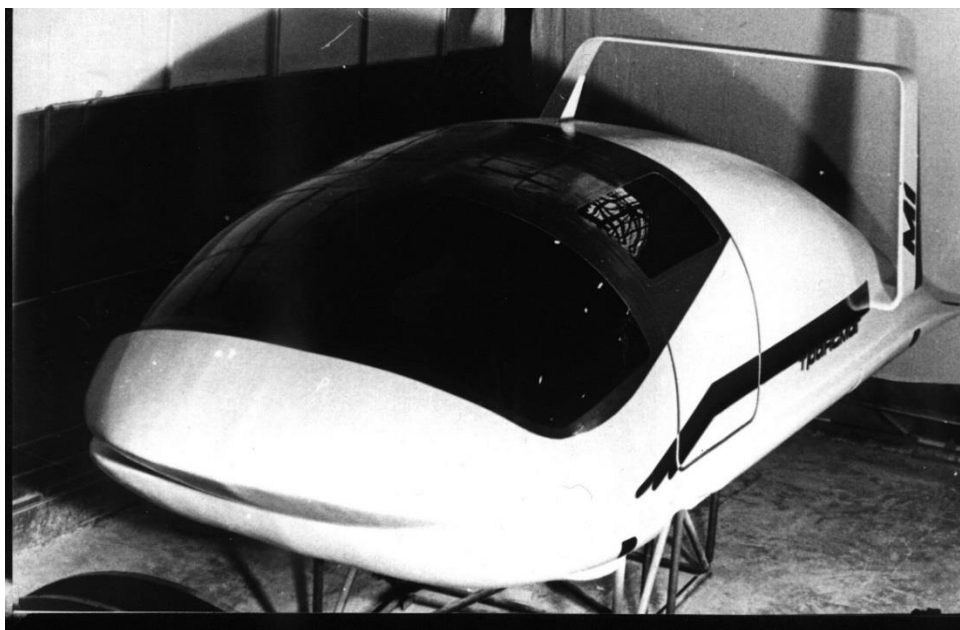


Рисунок 2 – Дослідний апарат на надпровідних магнітах Інституту транспортних систем та технологій НАН України

Проблема полягає лише в тому, що досі надпровідність виникала лише за дуже низьких температур. Нещодавно вчені вже отримували матеріали, які демонструють її за кімнатної температури, але вони працюють лише в умовах підвищеного тиску.

Висновок. Проведений аналіз показав, що традиційні транспортні технології мають важливі обмеження за швидкісними режимами та динамікою руху. Необхідна подальше вивчення фізичних ефектів та розробка складових інноваційних транспортних технологій типу MAGLEV.

Л і т е р а т у р а

1. Розвиток економічних та науково-технічних основ транспорту п'ятого покоління / Геєць В.М., Волошин О.І., Дзензерський В.О., Никифорок О.І. ; НАН України, ДУ "Ін-т екон. та прогнозів. НАН України" ; ІГМ ім. М.С. Полякова НАНУ ; ІТСТ НАНУ. Електрон. ресурс. К., 2020. 254 с
2. Дзензерский В.А., Омеляненко В.И., Васильев С.В., Сергеев С.А. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией. К: Наукова думка. 2001. 480с
3. Сохацький А. В. Теоретичні основи створення аеродинамічних компонувань перспективних швидкісних транспортних апаратів: дис. доктора технічних наук: 05.07.01. Дніпропетровськ. 2010. 364 с.
4. The 13th International conference on magnetically levitated systems and linear drives "MAGLEV'93". Argona National laboratory USA- 1993. 464p
5. Prykhodko O., Sokhatsky A. On the aerodynamic calculation of high-speed ground transport vehicles // 17th international conference on magnetically levitated systems and linear drives. Swiss Federal Institute of technology.- Lausanne, 2002. N PP05201. 11 P.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УКРАЇНІ ТА ФОРМАЛІЗАЦІЯ НАПРЯМКІВ ЇХ РОЗВИТКУ

Стрелко О.Г. – д.і.н., проф., olehstrelko@duit.edu.ua
Соловійова О.С. – аспірант, solovyova0108@gmail.com
Бердниченко Ю.А. – к.і.н., доц., yb08@ukr.net
Городинець С.П. – магістрант, gorodynets23@gmail.com
Підько С.В. – магістрант, pidko_sv@gsuite.duit.edu.ua
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF CONTAINER TRANSPORTATION BY RAIL TRANSPORT IN UKRAINE AND FORMALIZATION OF THEIR DEVELOPMENT DIRECTIONS

Strelko O.H. – Doctor of Historical Sciences, Professor, olehstrelko@duit.edu.ua
Soloviova O.S. – postgraduate student, solovyova0108@gmail.com
Berdnychenko Yu.A. – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor,
yb08@ukr.net
Horodynets S.P. – master's student, gorodynets23@gmail.com
Pidko S.V. – master's student, pidko_sv@gsuite.duit.edu.ua
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. Since the Ukrainian market has great potential to increase the level of containerization of freight transportation, this research is devoted to the analysis of the current state of container transportation by rail in Ukraine and the formalization of directions for their development. The selected research topic is an urgent task in the context of the strategic development of the railway industry of Ukraine and the process of international integration, since container transportation is one of the most important reserves for increasing productivity, reducing the cost of transportation of goods and increasing the level of competition of our country in the international market of logistics services.

Keywords: railway transport, container transportation, container terminal.

Актуальність теми зумовлена стійкою тенденцією до контейнеризації вантажних перевезень, яке відображається в будівництві нових та розширенні існуючих контейнерних терміналів, що дозволяє залучати та переробляти додаткові обсяги контейнерних вантажопотоків. Наприклад, розширення та будівництво таких потужностей активно відбувається і в сусідніх з Україною державах – насамперед Угорщині та Польщі [1].

Попереду в українських залізниць чи не наймасштабніша реінтеграція з пострадянської залізниці в сучасну європейську транспортну мережу. Це довгий та складний процес, який потрібно починати вже зараз. Наразі в Україні процес переходу на контейнерні перевезення відстає від світового рівня, оскільки в країні існує низка вузьких місць у розвитку цього сучасного способу перевезень. В той же час, сучасний транспортний ринок сприяє розвитку контейнерних перевезень та появі логістичних центрів у транспортних вузлах, транспортних терміналах.

Так-як попит на контейнерні залізничні перевезення в Україні буде тільки збільшуватись після здобуття перемоги над російською агресією, це вимагає ефективної реалізації концепції розвитку контейнерного бізнесу та створення логістичних центрів на території України, переходу до політики будівництва нових об'єктів та впровадження сучасних технологій у термінально-складському комплексі. Таким чином, **метою даної роботи** є аналіз сучасного стану контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні та формалізація напрямків їх розвитку. Варто відмітити, що мета роботи є актуальним завданням в контексті стратегічного розвитку залізничної галузі України [2].

Виклад основного матеріалу. Контейнерні перевезення вантажів застосовуються на всіх видах транспорту крім трубопровідного, але основна частина цього виду перевезень вантажів припадає на морський та залізничний транспорт. Особливість цього виду перевезень полягає в тому, що вантажі в контейнерах можуть перевозитись без тари, або в легкій цеховій упаковці, завантаження контейнерів здійснюється на складі вантажовідправника, а розвантаження на складі вантажоодержувача без перевантаження та перевішування вантажів на шляху слідування, чим забезпечується доставка вантажу «від дверей до дверей» як в прямому, так і в прямому змішаному сполученні. Перевезення вантажів в контейнерах дозволяє механізувати та автоматизувати навантаження та розвантаження за допомогою автовантажників, кранів, лебідок і таким чином значно скоротити час на вантажно-розвантажувальні роботи, а також значно скоротити витрати на матеріали для упакування та розпакування вантажів, зекономити витрати на будівництво сортувальних платформ та складів для зберігання вантажу тощо.

Залізничні контейнерні перевезення – це досить швидкий, недорогий і максимально безпечний варіант переміщення вантажів по всій території країни. Кожен контейнер має стандартний розмір і легко встановлюється в будь-який транспорт, у тому числі і залізничний. Для більш швидкої доставки використовують прискорені поїзди, що прямують у всіх напрямках. Вартість такого перевезення у багато разів менша ніж з допомогою аналогічних способів доставки, наприклад, авіа- або автомобільного транспорту.

Українські залізниці мають значний досвід роботи з контейнерним вантажопотоком. Спостерігається стійка тенденція зростання перевезень вантажів у контейнерних поїздах, що характеризується високою швидкістю доставки; зменшенням навантаження на навколишнє середовище; економією часу при проходженні митного та прикордонного контролю; гарантованою безпекою перевезень незалежно від погодних умов; скороченням витрат при транзитному сполученні у складі поїзда; скороченням затрат на оформлення супровідних документів. Територією України курсує 11 контейнерних поїздів як місцевого, так і міжнародного сполучення.

Поїзд комбінованого транспорту «Вікінг» поєднує українські порти Іллічівськ, Одеса і Южний з литовським портом Клайпеда. Для перевезення контейнерів учасниками проекту «Вікінг» визначена єдина тарифна ставка для транзитних перевезень. У складі поїзда можуть перевозитися 20, 30, 40 і 45-футові універсальні, рефрижераторні, і танк-контейнери.

Контейнерний поїзд «ZUBR» з'єднує українські порти Іллічівськ, Одеса та Южний з портами Рига (Латвія) та Мууга (Естонія). Потяг здатний перевозити 20-футові, 40-футові та 45-футові контейнери стандартні або підвищеної ємності (high cube) з портів Чорного моря до портів Балтійського моря та назад. Зокрема, в складі контейнерного поїзда ZUBR 100% перевезень становлять феросплави у 20-футових контейнерах власності АТ «Укрзалізниця».

31 січня 2018 року зі станції Київ-Ліски відправився перший рейс контейнерного поїзду за маршрутом ст. Чорноморська (ТІС) порт «Южний» – Київ-Ліски – ст. Чорноморська (ТІС) порт «Южний». Відстань в 748 км поїзд долає за 19 годин, що набагато швидше і ефективніше звичайних поставок залізницею і автотранспортом, оскільки перевезення вантажів прямими контейнерними поїздами гарантує відсутність проведення маневрових операцій на шляху прямування і дотримання графіка руху незалежно від погодних умов. В травні 2018 року почав курсувати аналогічний поїзд за маршрутом ст. Чорноморська (ТІС) – ст. Харків-Ліски – ст. Чорноморська (ТІС). Ключовою особливістю проекту є організація на території України комплексного сервісу по доставці вантажів в контейнерах безпосередньо до одержувача за схемою «від дверей до дверей».

Проаналізуємо динаміку залізничних контейнерних перевезень в Україні за 2018-2021 рр. (табл., рис.) [7].

Як видно з даних табл., незважаючи на значне зниження контейнерних вантажних перевезень залізницею до 2018 року, їх обсяг потім щорічно збільшувався виключно за рахунок перевезень на внутрішніх маршрутах. Протягом 2021 року продовжилась позитивна динаміка – темпи зростання майже на 6% порівняно з попереднім роком. У цей період відбулося значне розширення

маршрутної мережі контейнерних поїздів у внутрішніх напрямках. У 2018 році перевезення контейнерів в межах України здійснювалися лише за двома маршрутами, а у 2021 році їх кількість зросла до 21. Міжнародна контейнерна мережа залізничних перевезень в Україні також продовжує розширюватися, але не так активно, як внутрішня. З 2018 по 2021 рік кількість основних маршрутів контейнерних перевезень за межі України зросла з 3 до 7.

Таким чином, український ринок має великий потенціал зростання рівня контейнеризації вантажоперевезень залізничним транспортом. В той же час, сучасні контейнерні термінали в Україні не готові до великих обсягів контейнерних перевезень і потребують реконструкції [4]. У свою чергу, зміни у структурі вантажообігу на користь промислових товарів, майбутній розвиток припортової інфраструктури, збільшення кількості контейнерів для транспортування різних вантажів сприятиме підвищенню рівня контейнеризації.

Таблиця – Динаміка контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні за 2018-2021 рр.

2018-2021 рр.

Рік	Обсяг перевезених вантажів, всього (млн т)	Зміни, %	Обсяг перевезених вантажів в контейнерах						Частка контейнерних вантажів, %
			Міжнародні		Внутрішні		Загальні		
			Млн т	Зміни, %	Млн т	Зміни, %	Млн т	Зміни, %	
2018	339,5	-	5,42	-	0,66	-	6,08	-	1,79
2019	322,3	-5,07	0,73	-86,53	1,33	101,52	2,06	-66,12	0,64
2020	312,9	-2,92	0,66	-9,59	2,87	115,79	3,53	71,36	1,13
2021	305,5	-2,36	0,55	-16,67	3,18	10,80	3,73	5,67	1,22

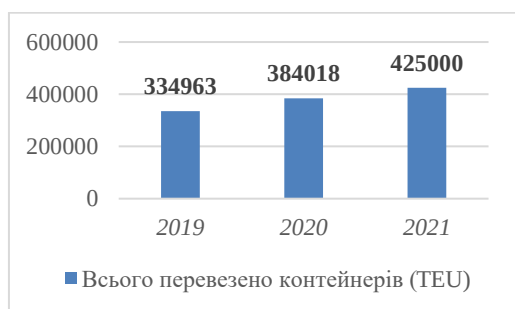


Рисунок – Динаміка обсягу контейнерних перевезень в Україні в 2019 – 2021 рр..

Загальні висновки. Контейнерні перевезення виступають одним із найважливіших резервів підвищення продуктивності та зниження собівартості перевезення вантажів. Як показало проведене дослідження, в Україні, перевезення контейнерів з року в рік збільшуються. Однак, на відміну від розвинених країн світу, їх частка в загальному залізничному потоці залишається вкрай низькою.

Оскільки, всі початкові і кінцеві операції з контейнером виконуються саме на контейнерних площадках і терміналах, необхідним є техніко-технологічне удосконалення саме цих підрозділів. Це обумовлено тим, що саме залізничні термінали пов'язують різні види транспорту при міжнародних перевезеннях і дозволяють збільшити обсяги переробки, створюючи необхідні умови для подальшого розвитку контейнерних перевезень.

Варто зазначити, що низка закордонних контейнерних терміналів за рівнем технічного розвитку, кількістю технологічних операцій, швидкістю та надійністю їх виконання наближаються до автоматизованих високотехнологічних виробництв, стаючи основою інтенсивного розвитку транспортного комплексу [5]. У той же час, система організації контейнерних перевезень, що діє в даний час, в Україні далека від застосування комплексної автоматизації при транспортно-складських і вантажно-розвантажувальних роботах, що сприяє відтоку вантажів із залізничного транспорту на інші види транспорту. Зважаючи на що, підвищення ефективності функціонування контейнерних терміналів в Україні є необхідним завданням в контексті стратегічного розвитку та процесу міжнародної інтеграції, що може бути досягнуто за рахунок розробки нових моделей та методів взаємодії залізничного транспорту з іншими видами транспорту в системі контейнерних терміналів. Наприклад, одним з варіантів реалізації даного завдання може стати застосування комплексної автоматизації при транспортно-складських і навантажувально-розвантажувальних роботах, при цьому диспетчеризація може розглядатись як основний етап об'єднання процесів і об'єктів терміналу в рамках автоматизованої системи управління для впровадження перспективних технологій, в т.ч. роботизації.

Л і т е р а т у р а

1. Щодо реалізації потенціалу транспортної системи України на світовому ринку контейнерних перевезень [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2021-03/transportna-systema.pdf> (дата звернення 20.09.2023) Назва з екрана.
2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430–р. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 04.10.2023) Назва з екрана.
3. Soloviova, L., Strelko, O., Isaienko, S., Soloviova, O., & Berdnychenko, Yu. (2020). Container transport system as a means of saving resources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 459(5), 052070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052070>
4. Контейнерні перевезення та ринок термінальних послуг на залізниці України – що має змінитися? [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <https://railexpoua.com/novyny/pro-rynok-terminalnykh-posluh-na-zaliznytsi-ukrainy/> (дата звернення 10.10.2023) Назва з екрана.

5. Container Terminal Automation and its Benefits explained [Електрон. ресурс] Режим доступу: <https://www.container-xchange.com/blog/container-terminal-automation/> (дата звернення 11.10.2023) Назва з екрана.

6. Strelko, O., Solovyova O., Berdnychenko, Yu., Kyrychenko, H., & Solovyova L. (2023). Study of the contemporary trends in the development of transport systems of the Ukrainian railways. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 22(2), 263-279. <https://doi.org/10.31648/aspal.8444>

7. Statistics about Transportation & Logistics in Ukraine. [Електрон. ресурс] Режим доступу: <https://www.statista.com/map/europe/ukraine/transportation-logistics> (дата звернення 13.10.2023) Назва з екрана.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ МІЦНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ІЗ ХРЕБТОВИМИ БАЛКАМИ ТИПОВОЇ ТА ЗВАРНОЇ КОНСТРУКЦІЙ

Сулим А.О. – к.т.н., старший дослідник, sulim1.ua@gmail.com

Ільчишин В.В. – керівник наукового підрозділу, vavail@ukr.net

Хозя П.О. – к.т.н., старший дослідник, pavlo.khozia@gmail.com

Орлов О.В. – старший науковий співробітник, oleh.orlov81@gmail.com

Стринжа А.М. – завідувач лабораторії, lab4.3ukrndiv@gmail.com

*Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування»*

Україна, м. Кременчук

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRENGTH STUDIES RESULTS FOR FREIGHT CARS WITH CENTER SILLS OF TYPICAL AND WELDED STRUCTURAL DESIGN

Sulym A.O. – Ph.D (Engineering), senior researcher, sulim1.ua@gmail.com

Ilchysyn V.V. – Head of the research unit, vavail@ukr.net

Khozia P.O. – Ph.D., senior researcher, pavlo.khozia@gmail.com

Orlov O.V. – senior research scientist, oleh.orlov81@gmail.com

Strynzh A.M. – Head of the laboratory, lab4.3ukrndiv@gmail.com

*State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
Ukraine, Kremenchuk*

Abstract. A comparative analysis of studies results for strength qualities of freight cars with center sills of typical and welded structural design was done. The maximum total stresses in the main elements of the metal structures of these cars arising from the loads during the repair and maintenance of the cars, quasi-static loads, impacts under proof loads were recorded. The minimum values of the fatigue safety factor in the structural elements of these cars were determined. The possibility of using center sills of welded design on freight cars has been confirmed.

Key words: freight car, welded structure, fatigue safety factor, center sill.

Актуальність теми. Хребтова балка є одним із найбільш відповідальних вузлів рами вагона, що передає поздовжні сили на інші вагони та сприймає вертикальні навантаження [1]. До недавнього часу хребтові балки вантажних вагонів виготовлялись із потужних Z-подібних, швелерних та двотаврових прокатних профілів підвищеного класу міцності (типова конструкція). Проте, через знищення в Україні внаслідок збройної агресії російської федерації єдиного виробника Z-подібних прокатних профілів підвищеного класу міцності – ПРАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ» у вітчизняних вагонобудівних підприємств гостро постало питання необхідності зміни конструкції хребтової балки. Одним із альтернативних варіантів запропоновано застосування на вантажних вагонах хребтових балок зварної конструкції з листового прокату.

До цього часу в існуючих дослідженнях [2, 3] розглядалось питання удосконалення типової конструкції хребтових балок. Також в роботах [4, 5] запропоновано принципово нові технічні рішення виконання хребтових балок для вантажних вагонів. Однак в існуючих дослідженнях міцносні якості вантажних вагонів із хребтовими балками зварної конструкції не розглядались. Тому актуальним постало детально розглянути та проаналізувати це питання.

Мета дослідження – виконати порівняльний аналіз результатів досліджень міцносних якостей вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкції.

Основний текст. Державним підприємством «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» виконано порівняльний аналіз результатів науково-експериментальних досліджень з оцінювання міцносних якостей металоконструкцій шести різних моделей вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкцій. Проводились науково-експериментальні дослідження міцносних якостей вагона-цистерни, трьох моделей напіввагонів люкових, вагонів-хоперів для перевезення зерна і цементу. Науково-експериментальні дослідження передбачали проведення статичних випробувань на міцність від дії вертикальних, квазістатичних навантажень та навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні вагона, а також випробування скидання з клинів та на співудар.

В процесі виконання досліджень фіксувались максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкцій вагонів, що виникають від квазістатичних навантажень та навантажень, які виникають під час ремонту і обслуговуванні вагонів, під час співудару внаслідок дії нормативних сил. За результатами проведених квазістатичних випробувань, випробувань на співудар та випробувань з визначення динамічних напружень від дії вертикальних навантажень під час скидання з клинів вантажних вагонів із хребтовими балками

типової та зварної конструкції отримано експериментально-розрахунковим шляхом мінімальні значення коефіцієнтів запасу опору втомі в елементах металоконструкції вагонів.

Результати зафіксованих максимальних значень сумарних напружень в основних елементах металоконструкцій вагонів, що виникають від навантажень під час ремонту і обслуговуванні вагонів, наведено в табл. 1.

Результати зафіксованих максимальних значень сумарних напружень в основних елементах металоконструкцій вагонів від квазістатичних навантажень та в режимі співудару нормативними силами, а також мінімальні зафіксовані значення коефіцієнтів запасу опору втомі, наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Результати визначення максимальних сумарних напружень

Тип вантажного вагона	Максимальне зафіксоване значення сумарних напружень, МПа		
	В режимі підйомки порожнього кузова під кінці балки шворневої по діагоналі вагона*	В режимі підйомки завантаженого кузова під один кінець балки шворневої*	В режимі підйомки завантаженого кузова під два кінці балки шворневої*
Вагон-цистерна	110/20	267/65	234/55
Перша модель напіввагона	105/84	200/78	194/76
Друга модель напіввагона	80/88	237/185	202/133
Третя модель напіввагона	101/64	190/65	156/30
Вагон-хопер для зерна	16/20	62/85	77/76
Вагон-хопер для цементу	243/33	273/130	279/143
Примітка. В чисельнику наведено значення для типової конструкції хребтової балки, в знаменнику - для зварної.			

Таблиця 2 – Результати визначення максимальних сумарних напружень та мінімальних значень коефіцієнта запасу опору втомі

Тип вантажного вагона	Максимальне зафіксоване значення сумарних напружень, МПа			Мінімальне значення коефіцієнта запасу опору втомі*
	I режим*	III режим*	Під час співудару*	
Вагон-цистерна	264/218	177/108	304/223	2,6/1,6
Перша модель напіввагона	291/216	193/124	333/294	1,5/1,53
Друга модель напіввагона	241/249	132/172	315/206	1,3/1,3
Третя модель напіввагона	179/179	105/86	296/215	1,7/2,0

Вагон-хопер для зерна	150/97	98/54	219/137	1,56/3,2
Вагон-хопер для цементу	211/292	183/191	274/330	2,3/1,6
Примітка. В чисельнику наведено значення для типової конструкції хребтової балки, в знаменнику - для зварної.				

За підсумками виконаного порівняльного аналізу результатів досліджень міцносних якостей вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкцій (табл. 1, 2) встановлено:

- максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вантажних вагонів із хребтовими балками типової конструкції від навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні, зафіксовані на вагоні-хопер для цементу в режимі підйомки завантаженого кузова під два кінці балки шворневої та становлять 279 МПа, що дорівнює 92 % від допустимої величини;

- максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вантажних вагонів із хребтовими балками зварної конструкції від навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні, зафіксовані на другій моделі напіввагона в режимі підйомки завантаженого кузова під один кінець балки шворневої та становлять 185 МПа, що дорівнює 63 % від допустимої величини;

- вантажні вагони із хребтовими балками зварної конструкції мають кращі міцносні якості за умов дії навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні, порівняно з вагонами вантажними із хребтовими балками типової конструкції (за винятком вагона-хопера для зерна, де міцносні якості практично тотожні);

- максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкцій за I розрахунковим режимом зафіксовані на першій моделі напіввагона та вагона-хопера для цементу та становлять 291 і 292 МПа відповідно, що дорівнює 94 % від допустимої величини;

- вантажні вагони із хребтовими балками типової та зварної конструкції мають практично однакові міцності якості за I розрахунковим режимом;

- максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкцій за III розрахунковим режимом зафіксовані на першій моделі напіввагона та вагона-хопера для цементу та становлять 193 і 191 МПа відповідно, що дорівнює 92 і 91 % від допустимої величини;

- вантажні вагони із хребтовими балками типової та зварної конструкції мають практично однакові міцносні якості за III розрахунковим режимом;

- максимальні сумарні напруження в основних елементах конструкції вантажних вагонів із хребтовими балками типової та зварної конструкцій під час співудару нормативними силами зафіксовані на першій моделі напіввагона та вагоні-хопері для цементу та становлять 333 і 330 МПа відповідно, що дорівнює 97 і 96 % від допустимої величини;

- вантажні вагони із хребтовими балками типової та зварної конструкції мають практично однакові міцності якості під час співудару нормативними силами;

- мінімальні значення коефіцієнта запасу опору втому зафіксовані для другої моделі напіввагона і становлять 1,3 як для типової конструкції хребтової балки, так і для зварної.

Висновки. Вантажні вагони із хребтовими балками зварної конструкції мають кращі міцносні якості внаслідок дії навантажень, що виникають під час ремонту і обслуговуванні, порівняно з вагонами вантажними із хребтовими балками типової конструкції (за винятком вагона-хопера для зерна, де міцносні якості практично тотожні). Вантажні вагони із хребтовими балками типової та зварної конструкції мають практично однакові міцності якості за квазістатичних навантажень за I та III розрахунковими режимами та випробувань нормативними силами на співудар.

У зв'язку з тим, що за квазістатичних навантажень за I та III розрахунковими режимами та випробувань нормативними силами на співудар, зафіксовані сумарні максимальні напруження знаходяться на рівні гранично допустимих значень, рекомендовано під час кожного виду планового ремонту вантажних вагонів із зварними хребтовими балками проводити огляд стану їх несучих конструкцій та зварних швів хребтових балок. Отримані експериментально-розрахунковим шляхом значення коефіцієнтів запасу опору втомі в елементах конструкції вантажних вагонів з хребтовими балками типової та зварної конструкцій підтвердили заявлені строки служби досліджуваних вагонів.

Результати виконаних комплексних науково-експериментальних досліджень підтвердили можливість використання на вантажних вагонах хребтових балок зварної конструкції, оскільки максимальні сумарні напружені в основних елементах конструкції вагонів не перевищують допустимих величин.

Л і т е р а т у р а

1. Недужа Л.О., Швець А.О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2018. № 1 (73). С. 131-147.

2. Vatulia G., Falendysh A., Orel Y., Pavliuchenkov M. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*. 2017. 187. P. 301-307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.379>

3. Кебал Ю.В., Шатов В.А., Тьокотев О.М., Мурашова Н.Г. Удосконалення конструкції вагона-хопера для перевезення зерна. *Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. 2017. Вип. 30. С. 113-122.

4. Fomin O., Lovska A., Skliarenko I., Klochkov Yu. Substantiating the optimization of the load-bearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot agglomerate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. 1/7 (103). P. 65-74. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.193408>

5. Ловська А.О., Фомін О.В., Рибін А.В. Дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції піввагона з пружно-в'язким наповнювачем у хребтовій балці. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2021. № 3 (93). С. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/242038> .

ПРОБЛЕМАТИКА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Тазієв Е.Г. – магістрант, elchin18081995@gmail.com

Михайлов Є.В. – к. т. н., доцент, mihaylov.ev.v@gmail.com

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ*

PROBLEMS OF RAILWAY CARGO TRANSPORTATION UNDER THE CONDITIONS OF THE MARTIAL STATE

Tahiev E.G. – master's student, elchin18081995@gmail.com

Mykhaylov E.V. – Ph.D., Associate Professor, mihaylov.ev.v@gmail.com

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The article examines the problems of freight rail transportation under martial state. The main factors influencing the volume of freight transport by rail are analyzed. Ways to solve the main problems of freight rail transportation are proposed.*

Keywords: *logistics, railway transport, martial state, railway track width, rolling stock dimensions, volume of cargo transportation, railway freight transportation, freight transport capacity.*

Актуальність теми. Найголовнішою складовою логістики та господарської діяльності у світі є вантажні перевезення. Основна частина обсягів вантажних перевезень припадає на залізничний транспорт. Серед переваг залізничного транспорту порівняно з іншими видами транспорту є: економічність; безпечність

та надійність перевезень. Тому, проблематика вантажних залізничних перевезень, особливо в умовах військового стану, є вкрай важливою та актуальною.

Мета дослідження полягає у аналізі проблематики вантажних перевезень залізничним транспортом та дослідженні факторів впливу на обсяг залізничних вантажних перевезень в умовах військового стану.

Основний текст. В умовах військового стану перед залізницею постало завдання щодо покращення процесу перевезень усіх видів вантажів, надання комплексного транспортного обслуговування. Серед головних завдань для підприємств залізничного транспорту є вивчення потреб власників вантажів, розроблення пропозицій щодо їх вирішення, покращення експлуатації вагонів, забезпечення схоронності і прискорення доставки вантажів [2].

Обсяги вантажних перевезень залізничним транспортом, не дивлячись на зосередження внутрішніх резервів та допомоги світової спільноти, після початку військового вторгнення різко зменшилися. Через проведення активних бойових дій скоротилося ВВП країни на 30–50 % [2].

Основні фактори негативного впливу на рух вантажів залізничним транспортом при експортно-імпортних перевезеннях показані на рис.1 [1].

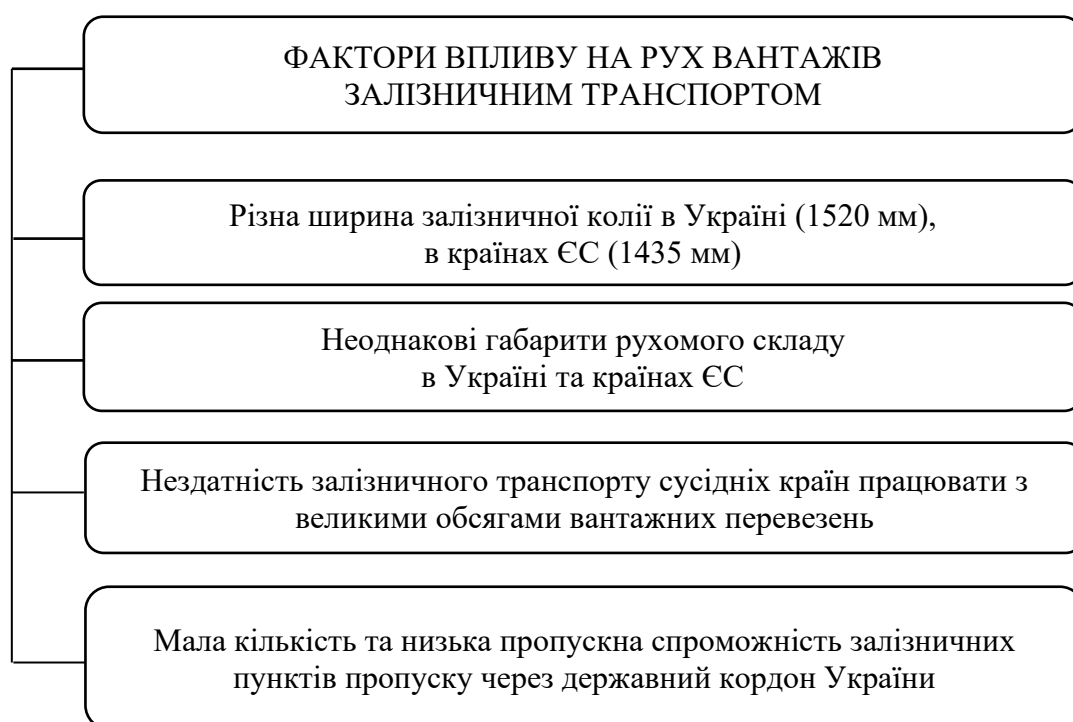


Рис. 1 – Основні фактори впливу на рух вантажів залізничним транспортом

На сьогодні на рух вантажів залізничним транспортом з України до країн ЄС та навпаки впливають наступні фактори:

- Різна ширина залізничної колії. В Україні (1520 мм), а в країнах ЄС (1435

мм), у зв'язку з чим на пунктах пропуску через державний кордон потрібно робити заміну вагонних візків. Все це приводить до додаткових витрат, значних простоїв та не дає можливості краще використовувати пропускну здатність переходів. АТ «Укрзалізниця» у червні 2022 року повідомила про брак вагонних візків на пунктах перестановки на пунктах пропуску, у наслідок чого було введено певні обмеження на вантажні залізничні перевезення [1];

- Різні габарити рухомого складу в Україні та країнах ЄС. Українські вагони здатні пошкодити мости, перони, тунелі або інші об'єкти транспортної інфраструктури. Угорщина у травні 2022 року дозволила користуватися на визначених маршрутах своєї залізниці лише деяким видам українських вагонів;

- Нездатність залізничного транспорту сусідніх країн працювати з великими обсягами вантажних перевезень. В модальній структурі вантажних перевезень країн ЄС за 2022 рік частка автомобільного транспорту – 75,3 %, залізничного транспорту - 18,7 %. Таким чином, АТ «Укрзалізниця» у травні 2022 року завдяки технічній можливості здійснювала перевезення 3,4 тис. вантажних вагонів через західні пункти пропуску. Але, через недостатню кількість рухомого складу в країнах ЄС, перевезення по факту здійснювалися на рівні 2 тис. вагонів. Отже, втрати обсягів можливих експортних вантажних перевезень щомісячно складали 2,7 млн т. У Молдові, у зв'язку з недостатньою кількістю тягового рухомого складу, транзитні перевезення українських вантажів у кількості до 8 пар на добу обслуговували локомотиви АТ «Укрзалізниця» із оплатою наданих послуг молдовською стороною. Завдяки цьому можна у чотири рази зекономити витрати часу на здійснення вантажних перевезень. Тим паче, що через зменшення обсягів вантажних перевезень залізничним транспортом, після військового вторгнення, є додаткові вагони [3];

- На пунктах пропуску через державний кордон України у червні 2022 року простоювало 2,7 млн т вантажів. Деякі з них простоювали кілька місяців, а загалом накопичення вагонів складало 41 тис. од.;

- Мала кількість та низька пропускну спроможність залізничних пунктів пропуску через державний кордон України. На теперішній час вантажі активно перевозяться через 13 вантажних залізничних пунктів пропуску. Але, попри максимальну пропускну здатність 6,6 млн. т. на місяць, по факту задіяно тільки 3,8 млн. т. [1].

Таким чином, в умовах військового стану існують певні проблеми на шляху збільшення обсягів залізничних перевезень вантажів, які так потребує українська армія та промисловість. Усунення цих проблем можливе за рахунок використання наявних резервів та впровадження нових інфраструктурних проектів.

Висновок. Потрібно якнайшвидше вирішувати наявні проблеми експортно-

імпортних вантажних залізничних перевезень задля підвищення їх обсягів. Для вирішення цього питання потрібно усунути організаційні та інфраструктурні обмеження для залізничного транспорту України. Уряду нашої країни у міжнародній взаємодії з іншими країнами треба прискорити впровадження проектів щодо покращення роботи та відкриття нових залізничних прикордонних пунктів пропуску.

Л і т е р а т у р а

1. Залізничні вантажні перевезення під час війни: 5 актуальних питань від бізнесу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://cfts.org.ua/articles/zaliznichni_vantazhni_perevezennya_pid_chas_viyni_5_aktualni_kh_pitan_vid_biznesu_1993

2. Логістика війни. Як змінились вантажні перевезення в Україні. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://biz.nv.ua/ukr/experts/perevezennya-v-ukrajini-pid-chas-viyni-gumanitarni-vantazhi-obmezhennya-na-perevezennya-50231625.html>

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАКЕТІВ З КУТОЧКІВ

Тихонін В.І. – старший викладач, tihoninvi@gmail.com

Тихоніна І.І. – старша викладачка, tihirina19@ukr.net

Навчально-науковий інститут морського бізнесу

Одеського національного морського університету

Україна, м. Одеса

PECULIARITIES OF THE METHODIC OF FORMING TRANSPORT PACKAGES FROM ANGLE BAR

Tykhonin V.I. – Senior Lecturer, tihoninvi@gmail.com

Tykhonina I.I. – Senior Lecturer, tihirina19@ukr.net

Educational and Scientific Institute of Marine Business

Odessa National Maritime University,

Ukraine, Odessa

Abstract. *The main types of metal products that are transshipped in the ports of Ukraine are defined. Analyzed requirements for transport packages formed from metal products. All stages of the process of forming binding from the angle bar are considered in detail. The necessary initial parameters of one angle bar, which are necessary for further calculations, are determined. The sequence of determining the number of angle bars by the width and height of binding, taking into account all requirements and limitations to the size and weight of the formed package, is given. Expressions are provided for calculating overall dimensions*

from a specified number of angle bars in width and height of binding and mass of such a package.

Keywords: *angle bar, methodic, package formation, dimensions.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що одним з основних експортних вантажів України є метал, а металопродукція становить більшу його частину. На раціональне використання транспортних засобів, портових складів та перевантажного обладнання значній вплив здійснюють об'ємно-масові характеристики металопродукції. Тому оптимізація розмірів пакетів (зв'язування) металопродукції на всіх етапах транспортування (перевезення, зберігання та перевантаження) є актуальною задачею.

Метою роботи є розробка методики формування оптимальних розмірів пакетів із фасонних профілів загального призначення, зокрема, кутової сталі кутової сталі з рівними та нерівними полками

Основний текст. Металопродукцію можна розділити за способом перевезення й зберігання на дві групи [1, 2]. У першу входять вантажі, які перевозяться і зберігаються на складах порту без поштучного укладання. У другу групу входять металопродукція, яка перевозиться і зберігається у поштучному укладанні у вигляді окремих вантажних місць (ВМ) або укрупнених вантажних місць (УВМ), утворених шляхом обв'язки, стяжки, скріплення різними засобами.

Номенклатура металопродукції в УВМ досить велика. До неї відносяться: квадратні в перерізі заготовки, куток, швелер, двутавр, тавр, фасонні профілі, арматурна сталь, труби діаметром до 200 мм й ін.

Прокатну продукцію залежно від форми профілів і способу виробництва підрозділяють на чотири основних види: сортовий прокат; листовий прокат; труби; спеціальні види [3].

До фасонних профілів загального призначення віднесені всі профілі кутовий стали з рівними та нерівними полками, балки двотаврові й швелери.

Сортовий і фасонний прокат розміром поперечного перерізу 100 мм і менш, гнуті профілі, холоднотянуті профілі з гарячекатаної не травленої заготовки, листовий прокат і стрічка товщиною до 12 мм включно впаковують у пакети (зв'язування) за допомогою обв'язки [4], а з більшим перерізом – поставляють поштучно або з обв'язкою.

Сортовий і фасонний прокат упаковують у пачки масою від 0,1 до 10 т.

Поперечний переріз пачки сортового й фасонного прокату залежно від форми й розмірів поперечного перерізу профілю повинний наближатися до кола, прямокутника або шестикутника [4].

Виходячи з того, що переріз у вигляді кола або шестикутника має однакову ширину та висоту, то з безлічі різних прямокутників найбільш відповідає

вимогам [4] – квадрат або наближений до нього прямокутник.

Ці міркування цілком логічні, тому що зв'язування, що має більшу висоту ніж ширину, буде нестійке при укладенні, а більшу ширину ніж висоту – буде «зруйноване» (зім'яте) при перевантаженні. Відхилення перерізу зв'язування від квадратного, обумовлено конкретними розмірами профілів і обмеженнями по масі зв'язування (G).

Розглянемо методику формування УВМ із фасонних профілів загального призначення – кутової прокатної сталі (кутика, кутка, куточка, кутника) з рівними [5] та нерівними [6] полками (рівнобічний та нерівнобічний [3]).

На рисунках в [1-6] та на рис. 1, а кутку розташовується на одній зі своїх полиць, її ширину позначимо b й будемо вважати шириною кутка. При цьому другу полицю кутка, розташовану під кутом в 90° , позначимо h і її ширину будемо вважати висотою кутка (рис. 1,б).

Зв'язування формується з урахуванням можливості (зручності) послідовного укладання окремих ВМ в пакет, тому кутку повертається й встановлюють в іншому положенні (рис. 1,б), ніж було зазначено в [1, 2, 3, 5, 6] та на рис. 1,а. Таке розташування кутка правочинне, тому що його габаритний об'єм (V) не зміниться, а ширина зв'язування b_3 при цьому буде визначатися значенням c (рис. 1,б).

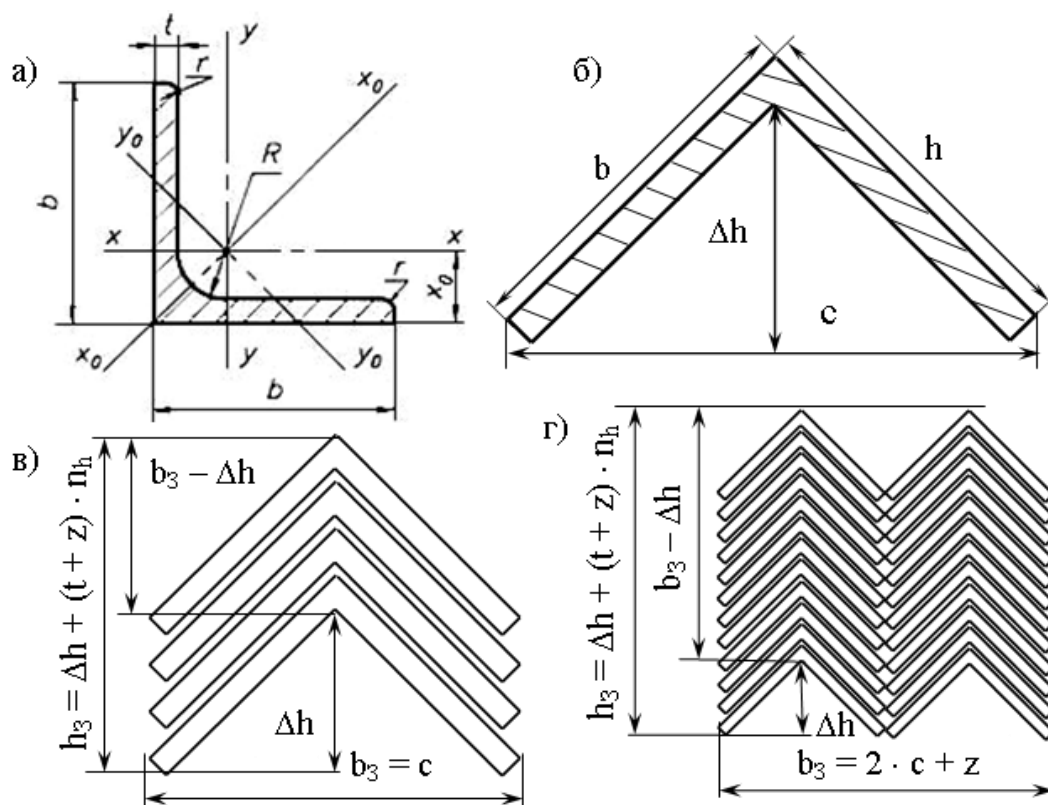


Рисунок 1 – Послідовність формування зв'язування кутка

Так як сторони кутка (b і h) розташовані під кутом в 90° , скористаємося теоремою Піфагора для визначення значення c

$$c = \sqrt{b^2 + h^2}.$$

Сформоване зв'язування повинне мати форму квадрата в перерізі (наближатися до нього) [4], тому приймаємо, що висота зв'язування (h_3) дорівнює її ширині (b_3). Далі визначаємо яка кількість кутків (n) поміститься у зв'язування такого розміру і яка буде маса (g_3) такого зв'язування.

Спочатку розглядаємо ситуацію коли кількість кутків по ширині зв'язуванню n_b дорівнює одиниці ($n_b = 1$) (рис. 1,в), тоді $h_3 = b_3 = c$.

З рис. 1,б видно, що самі кутки розташовуються не відразу на поверхні опори (підлоги), а є певний зазор (Δh). Тому спочатку визначимо цю величину.

Висота прямокутного трикутника (Δh) ділить гіпотенузу c пропорційно величинам катетів (b і h) (рис. 1,б).

Якщо куточок рівнобічний (трикутник рівнобедрений) ($b = h$), то гіпотенуза c ділиться навпіл і Δh (мм) визначається з виразу $\Delta h = c / 2$.

Висота зв'язування, що залишається для розміщення кутків складе $h_3 - \Delta h$ (рис. 1,в, 1,г). Кожний куток по висоті займає місце рівне сумі середньої товщини полки кутка t (рис. 1,а) і величини зазору між ними (z). Виходячи із цього, визначаємо кількість кутків у зв'язуванні по висоті (n_h) $n_h = (c - \Delta h) / (t + z)$, дробове значення n_h округляється до цілого числа.

Визначаємо загальну кількість кутків у зв'язуванні (n) та його масу (g_3):

$$n = n_b \cdot n_h; \quad g_3 = n \cdot g_m,$$

де g_m – маса одного ВМ (куточку).

Отримане значення g_3 порівнюється з G та припустимими відхиленнями (Δ), при цьому можливо наступні ситуації:

1. Якщо $g_3 > (G + \Delta)$ – кількість кутків по висоті (n_h) зменшується доти, поки не буде виконуються умова $g_3 \leq (G + \Delta)$. Тоді остаточна (коректована) кількість кутків по висоті (n_h) визначається з виразу

$$n_h = (G + \Delta) / (n_b \cdot g_m),$$

при цьому n_h округляється до найближчого меншого цілого числа;

2. Якщо $(G - \Delta) \leq g_3 \leq (G + \Delta)$ – кількість кутків по висоті не міняється;

3. Якщо g_3 незначно менше $(G - \Delta)$ – кількість кутків по висоті n_h збільшується доти, поки не буде виконаються умова $g_3 \geq (G - \Delta)$.

Тоді остаточна кількість кутків по висоті n_h визначається з виразу:

$$n_h = (G - \Delta) / (n_b \cdot g_m),$$

при цьому n_h округляється до найближчого більшого цілого числа.

4. Якщо g_3 зв'язування значно менше $(G - \Delta)$ – кількість кутків у зв'язуванні по висоті й ширині перераховується.

У перших трьох випадках значення n_b й n_h знайдене.

Якщо кількість кутків мінялася (перша й третя ситуації), то значення n й g_3 уточнюються.

Перерахування кількості кутків (четвертий випадок) здійснюється в наступній послідовності.

По ширині зв'язування розташовуємо два кутки ($n_b = 2$) (рис. 1,г), тоді з урахуванням зазору між двома стопками кутків Z , одержимо:

$$h_3 = b_3 = (2 \cdot c + z).$$

Тоді кількість кутків (куточків) по висоті складе:

$$n_h = (2 \cdot c + z - \Delta h) / (t + z).$$

Після чого повторюється розрахунок n і g_3 .

Перерахунок, зі збільшенням ширини зв'язування ($n_b = 3$) і т. д., триває доти, поки маса зв'язування (g_3) стане припустимою.

Визначивши кількість кутків по ширині й висоті зв'язування, можна визначити остаточні її розміри в перерізі. Ширина (b_3) і висота (h_3) зв'язування з кутка визначається як:

$$b_3 = c \cdot n_b + (n_b - 1) \cdot z; \quad h_3 = \Delta h + (t + z) \cdot n_h.$$

Висновок. В результаті дослідження була запропонована методика визначення оптимального об'єму пакету куточка з урахуванням всіх вимог, які висуваються при їх формуванні. Надана методика дозволяє заздалегідь розрахувати; кількість профілів в зв'язуванні; їх просторове положення взагалі і по відношенні один до іншого; загальну масу пакета. При перевезенні пакетів такої форми буде потрібна мінімальна площа при їх складуванні та мінімальний об'єм вантажних приміщень транспортних засобів.

Л і т е р а т у р а

1. Тихонін В. І. Вантажознавство. Навчальний посібник. Одеса: ОНМУ, 2016. 236с.

2. Вільковський Є.К., Кедьман І.І., Бакуліч О.О. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад). 2-е вид., перероблене і доповнене. Львів: «Інтелект-Захід», 2007. 496 с.
3. Зрезарцев М.П., Зрезарцев В.М., Параніч В.П. Товарознавство сировини та матеріалів. Навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2008. 404 с.
4. ДСТУ 3058-95 Металопродукція. Приймання, маркування, пакування, транспортування та зберігання. – URL: https://ugmk.ua/dbs.8.files/gosts/d3058-951_864.pdf
5. ДСТУ 2251:2018 Кутики сталеві гарячекатані рівнополичні. Сортамент. – URL: https://td-slavsant.com/wp-content/gst/ugolok/dstu_2251_2018.pdf
6. ДСТУ 8769:2018 Кутики сталеві гарячекатані нерівнополичні. Сортамент. – URL: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/vigotovlennya-mk-nacionalna-gilka-standarty/17-dstu-8769-2018-kutiki-stalev-garyachekatan-ner-vnopolichn-sortament.pdf>

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

Троцький Р.О. – здобувач вищої освіти гр. 2ЛЛГ-маг, trotsky_ro@gsuite.duit.edu.ua

Ткаченко В.П. – д.т.н., професор, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

STATE AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT HIGH-SPEED TRAIN TRAFFIC IN UKRAINE

Trotsky R. – student gr. 2LLG-mag, trotsky_ro@gsuite.duit.edu.ua

Tkachenko V. – Dr. Tech. Sciences, Professor, tkachenko_vp@gsuite.duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. The state and development of the high-speed train network in the world is analyzed. The single European network of high-speed traffic and the East Asian network are considered. The characteristics of high-speed railways and rolling stock of the leading railway countries: China, France, Spain, Germany and Japan are given. Problems related to the expansion of the high-speed traffic network in the leading railway countries are analyzed. Three main trends in the organization of high-speed traffic in different regions of the world and prospects for the development of high-speed railways in Ukraine are described.

Keywords: high-speed land transport, high-speed and high-speed train traffic, global high-speed traffic network, Ukrainian high-speed railway.

Актуальність дослідження. Реалізація європейської програми розширення високошвидкісної мережі в країнах Східної Європи дозволить українській залізниці інтегруватися в швидкісну мережу Європи та у світову транспортну систему, що дасть змогу збільшити потоки пасажирів у внутрішньому та міждержавному сполученні [1]. Однак, питання запровадження високошвидкісного залізничного руху в Україні залишається відкритим. Потрібні глобальні рішення щодо концепції розвитку української високошвидкісної залізниці [2].

Концепції організації високошвидкісного руху у різних регіонах світу.

Умовно можна виділити три основних концептуальних підходи до організації високошвидкісного руху у різних країнах світу [3].

Японсько-іспанська концепція. Вони передбачають спорудження спеціальних високошвидкісних магістралей. Колійна система цих магістралей повністю ізольована від іншої залізничної мережі і має відмінні від неї параметри (ширина колії, інфраструктура тощо).

В Японії через історичні причини і топографічні умови залізниця будувалася з вузькою колією – 1067 мм. Високошвидкісні магістралі *Shinkansen* споруджуються з використанням так званої "стефенсонівської" колії – 1435 мм. Вони, за винятком спеціальних ділянок, що одержали назву "міні-синкансен", повністю ізольовані від іншої залізничної мережі.

Аналогічно, в Іспанії рейкова система високошвидкісних магістралей *Alvia* – нормальної колії 1435 мм відділена від загальної мережі залізниць (1668 мм). Відмінністю ситуації в цій країні при схожості концепції створення високошвидкісних магістралей є те, що на них виходять тільки високошвидкісні поїзди типу *Talgo*, вагони яких мають пристрій колісних пар, що дозволяє рухатися по колії з шириною і 1668 і 1435 мм.

У Японії та Іспанії на високошвидкісних магістралях побудовано спеціальні станції. Але в ряді випадків їх колії підведені до платформ існуючих залізничних вокзалів.

Французька концепція. Вона передбачає будівництво нових високошвидкісних магістралей, які входять до загального складу залізничної мережі – *LGV*, але такі, що призначені винятково для високошвидкісного рухомого складу. Оскільки у Франції високошвидкісна магістраль і мережа звичайних залізниць мають ту саму колію шириною 1435 мм, високошвидкісні поїзди можуть виходити на звичайні лінії, що збільшує зону обслуговування пасажирів. Однак рухомий склад звичайних залізниць ніколи не заходить на високошвидкісні лінії.

Італійсько-німецька концепція. Італійська та німецька концепції полягають у комплексній реконструкції залізничних напрямків, при якій здійснюється

будівництво окремих високошвидкісних ділянок і модернізація існуючих ліній, випрямлення головних колій з метою організації швидкісного й високошвидкісного руху. В Італії (Eurostar Italia) та Німеччині (ICE) на реконструйованих залізничних напрямках здійснюється змішана експлуатація високошвидкісних і звичайних пасажирських поїздів, а також прискорених вантажних поїздів.

Проекти української високошвидкісної мережі.

Перше завдання на розробку Концепції організації високошвидкісного руху поїздів в Україні було поставлене Академією наук України та Укрзалізницею ще 1992 р. [4]. У 1992–1993 роках, за участю Дніпрогіпротрансу та ДПТУ було розроблено рамковий проект високошвидкісної магістралі (ВСМ) Київ–Захід. Основні критерії вибору напрямку проходження траси базувалися на збалансованому обліку наступних принципово важливих вимог: максимального скорочення довжини ВСМ, максимального забезпечення оптимальних техніко-експлуатаційних та будівельних показників лінії (скорочення кількості кривих, великих штучних споруд, обсягів земляних робіт, знесення будівель та ін.), скорочення площі займаних земель, забезпечення нормативних екологічних та санітарних вимог щодо населених пунктів у зоні впливу ВСМ. Проект передбачав будівництво нової спеціальної електрифікованої двоколійної лінії завдовжки 440 км на основі колії 1520 мм.

Інша концепція, яка розглядалась, базується на розумінні, що АТ «Українські залізниці» поступається у рівні розвитку високошвидкісного руху іншим країнам, проте для виходу на швидкісні пасажирські перевезення міжнародного рівня необхідно вирішити питання невідповідності колії. Насамперед, розглядається створення суміщених рейкових колій та впровадження рухомого складу, в тому числі і вантажних вагонів, з колісними парами змінної ширини колії на основі конструкції SUW-2000 [5].

У 2021 році було затверджено пілотний проект високошвидкісного залізничного сполучення України. Зокрема, він передбачає будівництво залізничної мережі на основі колії 1435 мм для руху із середньою швидкістю 250 км/год [6]. Для проекту обрали чотири ділянки протяжністю майже дві тисячі кілометрів: Київ–Львів-держкордон; Київ–Одеса, Київ–Харків, Київ–Дніпро–Запоріжжя. Планувалося, що перша залізнична лінія зі швидкістю руху до 250 км/год з'єднає державний кордон з Польщею та місто Львів (станція Скнилів) з можливістю продовження лінії до Києва і подальшою розбудовою по Транс'європейській транспортній мережі TENT-T. Проект передбачає будівництво інфраструктури для обслуговування поїздів типу InterCity+ та контейнерних перевезень у напрямку Європейського Союзу.

Як повідомлялось, південнокорейська компанія Hyundai може виділити Україні два мільйони доларів на розробку попереднього техніко-економічного обґрунтування будівництва швидкісної залізниці.

Висновки. Після перемоги України у війні й стабілізації фінансово-економічного стану країни та залізничного транспорту зокрема, коли постане питання про впровадження високошвидкісного пасажирського руху, доцільне врахування залізниці міжнародного досвіду його розвитку, зокрема Іспанії, а саме будівництво відокремленої високошвидкісної мережі з колією 1435 мм. Для інтеграції української з європейською колією і включення її в систему внутрішніх пасажирських і вантажних перевезень потрібен рухомим склад на основі систем змінної ширини колії SUW-2000 або Talgo.

Л і т е р а т у р а

1. Директива 96/48/ЄС. <http://surl.li/mxzbow>.
2. Akiyama, Y. (2014). High-speed rail worldwide—past and future. *Jpn. Railw. Transp. Rev.*, 64(64), 36-47.4. Курган, Н. (2015). http://www.ejrcf.or.jp/jrtr/jrtr64/pdf/36-47_web.pdf.
3. Grakhov, V., Mohnachev, S., Simakova, U., Kislyakova, Y., Saidova, Z., & Armanyan, A. (2020, July). Specific features of high-speed railway construction projects. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 890, No. 1, p. 012214). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/890/1/012214/meta>.
4. Передумови створення високошвидкісних магістралей в Україні. Українські залізниці, (5-6), 16-21. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ukrzel_2015_5-6_7.pdf.
5. Примаченко, Г. О., Дмитрів, Л. І., Туз, Я.Є. (2019). Дослідження передумов організації високошвидкісного руху поїздів в Україні. *Транспортні системи та технології перевезень*, (18), 5-5. <https://doi.org/10.15802/tstt2019/182766>.
6. Коли в Україні запровадять високошвидкісне залізничне сполучення. Суспільне, новини. <https://suspilne.media/107292-v-ukraini-anonsuvali-start-proektu-visokosvidkisnih-zaliznicnih-perevezen-so-vin-peredbae/>.

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ЙОГО БАЗОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Фомін О.В. – д.т.н., професор, fominaleksejvictorovic@gmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

Баранов І.О. – к.т.н., доцент

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Україна, м. Дніпро

Мірошникова М.В. – к.т.н., miroshnikova@snu.edu.ua

Безлуцький В.О. – аспірант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Україна, м. Київ

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF RAILWAY ROLLING STOCK ON THE BASIS OF DETERMINING THE RESOURCE OF ITS MAIN STRUCTURES

Fomin O.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor,

fominaleksejvictorovic@gmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Baranov I.O. – Candidate of technical sciences, Associate Professor

Pryazovskyi State Technical University (PSTU)

Ukraine, Dnipro

Miroshnykova M.V. – Candidate of technical sciences, miroshnikova@snu.edu.ua;

Bezlutskyi V.O. – postgraduate

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Ukraine, Kyiv

Abstract. The work obtained results computational and experimental studies of load and durability calculations undercarriage rolling stock at design stage. It has been established loads acting on rolling stock structures during operation cause elastic and elastoplastic deformations in individual zones and elements of critical parts, wear them out, and damage them. The work substantiates need to form total loading regime most fully characterizes operational stress levels in structural elements of railway rolling stock. Based on results complex of running dynamic-strength and bench tests undercarriage rolling stock on special stands using results obtained when moving along long-distance main tracks, statistical distributions of dynamic-strength parameters were constructed and approximated.

Key words: rolling stock, technical condition, resource, basic designs, speed movement.

На даний час призначений термін служби рухомого складу залізниць визначається за допомогою апарату математичної теорії надійності, відповідно

до статистичних даних про відмови аналогічних об'єктів в експлуатації, внаслідок їхнього зносу або випадкових зовнішніх впливів [1]. Однак такі оцінки не враховують фактичний коефіцієнт запасу міцності та накопичене втомне пошкодження об'єкта. Оцінка терміну служби (зокрема залишкового) з фізичної теорії надійності, з урахуванням якої моделюється зростання виявлених дефектів, навпаки, не розглядає можливість відмови з інших причин, крім як із зміною коефіцієнтів запасу [2].

Навантаження, що діють у процесі експлуатації, на конструкції рухомого складу викликають пружні та пружнопластичні деформації в окремих зонах і елементах відповідальних деталей, зношують їх і пошкоджують. В останніх роботах [2, 3] запропоновано класифікацію видів руйнування металевих конструкційних матеріалів при числах циклів у широкому діапазоні [3].

Якщо види статичного і квазистатичного руйнування за згаданою класифікацією, яким схильні об'єкти залізничної техніки, можна вважати досить вивченими, інші види втомного руйнування вимагають докладнішого дослідження [4].

Деякий системний підхід до аналізу та управління процесом безпечної експлуатації вагонів розглядається в роботі [5]. Він передбачає розробку математичної моделі на основі вибору показника рівня безпечної експлуатації вагонів, визначення впливу узагальнених факторів для оцінки ризику аварії у вигляді сходу вагона з рейок. Для отримання його кількісної оцінки формуються завдання щодо визначення ознак передвідмовного стану та його граничного значення, технології розпізнавання та вимірювання для подальшої розробки заходів, що мінімізують ризик аварії.

Із застосуванням методів міцності одночасно з підвищенням безпеки відбувається і підвищення надійності технічного засобу. Запаси міцності деталі задаються на етапах конструювання за рахунок підбору відповідного матеріалу та способу його використання. При цьому необхідний рівень запасу визначається інженерними розрахунками конструкцій, метою яких є створення таких запасів міцності, за яких за час експлуатації не настане із заданою ймовірністю жодного з допустимих граничних станів конструкції. При детермінованому підході до розрахунку конструкцій умова міцності записується як [3]:

$$S_M \leq R_{MH}. \quad (1)$$

Однак ці величини носять випадковий характер і не мають визначених нижніх і верхніх меж. Приймається інша форма:

$$S_{MH} \leq \frac{R_{MH}}{K_M}, \quad (2)$$

де S_M – розрахункове навантаження діюче на конструкцію, зусилля в її елементі або напруження в ньому;

S_{MH} – розрахункове нормативне навантаження;

R_{MH} – розрахункова несуча здатність, яка вимірюється в тих самих одиницях, що і S_M та S_{MH} ;

K_M – коефіцієнт запасу міцності.

Стан механічної конструкції в експлуатаційних умовах характеризується кінцевою кількістю незалежних визначальних параметрів, що мають випадковий характер. Одні з них характеризують зовнішнє навантаження, другі – міцність матеріалу, треті – умови роботи конструкції. Якщо спочатку, з моменту проектування, конструкція має необхідний запас міцності, то в процесі повторно-змінних навантажень в експлуатації до кінця встановленого терміну служби ймовірність переходу конструкції в неприпустимий граничний стан буде не більше заданого значення. Ця ймовірність обумовлена інтенсивністю вичерпання коефіцієнта запасу міцності у міру накопичення пошкоджень зі збільшенням напруження. Отже, за зміни умов експлуатації об'єкта, наприклад, при зменшенні інтенсивності повторно-змінного навантаження (при зменшенні ваги, зниженні швидкості), можна віддалити термін переходу конструкції в граничний стан [6].

У процесі проектування несучих екіпажних частин рухомого складу оцінку їх міцності проводять на детермінованій основі за напругами, що допускаються, або коефіцієнтами запасу опору втоми. Це може призводити до суттєвих похибок розрахунків та завищення розмірів несучих елементів. У той же час, методи розрахунку довговічності та сучасне програмне та апаратне забезпечення дозволяють застосувати інший підхід до оцінки міцності, а саме: вже на етапі проектування враховувати ймовірнісний характер навантажень, що діють на екіпаж під час його експлуатації. Для цього необхідно мати достовірні вихідні дані щодо їх розподілу на представницьких ділянках колії. До висновку про необхідність переходу до оцінки конструкцій з експлуатаційної навантаженості дійшли вчені [1-4].

При розрахунку ресурсу для обліку експлуатаційних напружень різного рівня необхідно сформувати сумарний режим навантаження (блок або спектр навантажень), що найбільш повно відображає залежність напруги в елементах конструкції від швидкості руху рухомого складу, їх повторюваність, параметри розсіювання. Такий блок може бути представлений у вигляді ступінчастої функції розподілу амплітуд напруг [7]

Взаємодія колії та екіпажу є одним із найскладніших питань, якому присвячені численні дослідження. Зростання перевезень, збільшення швидкостей руху супроводжуються неухильним посиленням колії. Підвищення

жорсткості шляху при одночасному зростанні швидкостей руху повинно супроводжуватися зменшенням норм нерівностей, що допускаються, або зниженням жорсткості системи екіпаж-колія за рахунок рухомого складу. Таким чином, основні динамічні навантаження на екіпаж рухомого складу від впливу колії вимагають глибокого експериментального та теоретичного вивчення, необхідні нові підходи до аналізу результатів ходових динамічно-міцнісних випробувань.

Отримані результати розрахунково-експериментальних досліджень навантаженості та розрахунків довговічності екіпажної частини рухомого складу на етапі проектування показують:

- при розробці моделей екіпажів рекомендується користуватися експериментальними даними щодо пружно-дисипативних характеристик екіпажу або розрахунковими даними за відсутності даних експерименту;
- якщо відомі полігони експлуатації проєктованих екіпажів, переважно використання натурних нерівностей колії вимірюваних колієвимірником на цих ділянках, з урахуванням передавальних функцій вимірювального механізму;
- за відсутності таких даних допускається використовувати натурні нерівності ділянок колії;
- доцільність схематизації (переважно методом «дощу») осцилограм динамічних параметрів навантаженості у вибраних зонах;
- можливість побудови сумарних розподілів амплітуд динамічних напружень у вибраних зонах, з урахуванням середньостатистичного розподілу експлуатаційних швидкостей.

Отриманий розподіл амплітуд динамічних напружень можна застосовувати для прогнозування ресурсу на етапі проектування нових екіпажів.

Процес навантаження описується деформаційним критерієм малоциклової втоми в формі рівняння Менсона-Коффіна, яке характеризує вичерпання пластичних властивостей сталі при руйнівному числі циклів навантаження N_p .

$$\Delta \varepsilon_p = C \cdot N_p^{-m_p} \quad (3)$$

де $\Delta \varepsilon_p$ – різнобічна або одностороння пластична відносна деформація в циклі навантаження заданою силою;

m_p і C – емпіричні параметри матеріалу; можна прийняти $m_p = 0,6$ – показник діаграми зміцнення за межею пружності матеріалу; $C = -0,5 \ln(1-\psi)$, ψ – відносне звуження матеріалу при розтягуванні (для сталі, при $\psi = 0,5$, $C = 0,35$).

Прийнявши величину N_p за середню, можна отримати значення для заданої ймовірності неруйнування (не менше 0,95%), і прийнявши його за допустиме, розрахувати відповідний термін служби вузлів рухомого складу по вичерпанню ресурсу.

Література

1. Візняк Р. І., Чепурченко І. В., Яценко А. О. Особливості визначення експлуатаційних навантажень кузова напіввагона та шляхи удосконалення його конструкції з метою забезпечення міцності і збереження. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2016. Вип. 159. С. 91-97.
2. Дьомін, Р. Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з убезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Сєверодонецьк, 2018. 40 с.
3. Płaczek M., Wróbel A., Buchacz A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 161. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.
4. Кельріх М. Б., Федосов-Ніконов Д. В. Дослідження на міцність конструкції довгобазної платформи. Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля. 2016. № 1 (225). С. 90-94.
5. Ловська А. О., Фомін О. В., Рибін А. В. Визначення навантаженості рами напіввагона із замкненою конструкцією хребтової балки. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 2021. № 2 (21). С. 12-19.
6. Фомін О. В., Ловська А. О. Визначення вертикальних прискорень несучої конструкції вагона-платформи з в'язкими зв'язками у повздовжніх балках. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2021, Том 32 (71). № 1, Частина 2, С. 135-140.
7. Фомін О. В., Ловська А. О., Рибін А. В. Дослідження динамічної навантаженості та міцності рами напіввагона з замкненою конструкцією хребтової балки. III International Scientific and Practical Conference: SCIENCE, EDUCATION, INNOVATION: TOPICAL ISSUES AND MODERN ASPECTS. (Tallinn, June 25-26). Tallinn, 2021. P. 255 – 257.

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОСТАНОВКИ У СКЛАДІ ПОЇЗДА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗМЕНШЕНОЮ ТАРОЮ ШЛЯХОМ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ

Фомін О.В. – д.т.н., проф., fominaleksejvictorovic@gmail.com

Прокопенко П.М. – Ph.D., prokopenko1520mm@gmail.com

Скок П.О. – канд. держ. упр., доц., duit@duit.edu.ua

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

DETERMINATION OF THE PLACE OF PLACEMENT WITHIN A TRAIN OF FREIGHT WAGONS WITH REDUCED TARES BY ASSESSING TRAFFIC SAFETY INDICATORS

Fomin O.V. – Doctor of Science, Professor, fominaleksejvictorovic@gmail.com

Prokopenko P.M. – Ph.D., prokopenko1520mm@gmail.com

Skok P.O. – Candidate of Sciences in Public Administration, Associate Professor,
duit@duit.edu.ua

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The article describes a significant shortcoming of the railway transport of Ukraine, which is the limitation of the speed of trains with empty freight wagons equipped with model 18-100 bogies. Among the reasons for the wheels of wagons coming off the rails, related to malfunctions of the undercarriage of the wagons, the following can be named: breakage of the side frames and suspension beams of the bogies, breakage of axles and wheels, malfunctions of the roller bearings of the skid assembly, wear and tear of the elements of the friction dampers and the bearing assembly of the beam, unacceptable deviations in the dimensions of wagons. Also, an important reason is the negative reduction of the wagon's tare by more than 10% from the one set by the normative.*

Keywords: *speed limits, tests, safety indicators, wagons with reduced tare, dynamics.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що істотним недоліком роботи залізничного транспорту України є обмеження швидкості руху поїздів з вантажними вагонами зі зменшеними тарами у порожньому стані, обладнаних візками моделі 18-100. Також важливою причиною є негативне зменшення тари вагона більш ніж на 10% від встановленої заводом виробника.

Мета роботи – вирішення науково-практичного завдання щодо створення теоретичних положень для визначення безпечного значення коефіцієнта стійкості легковажних вантажних вагонів у складі поїзда та експериментальне їх підтвердження. При цьому основними факторами, які безпосередньо впливають на коефіцієнт стійкості, є вертикальні та поздовжні зусилля, які відповідно залежать від власної ваги вагонів та діючої в поздовжньому напрямку ваги

поїзда. Тому головними напрямками щодо визначення коефіцієнта стійкості було обрано варіювання, місцями розташування вагонів у поїзді та зменшення їхньої власної ваги (тари).

Основний текст. Об'єктами випробувань є вантажні вагони вагон-платформа моделі 13-4012 (рисунок 1), вагон-хопер для цементу зі знятим дахом моделі 19-758-01 (рисунок 2) та вагон цистерна моделі 15-4443 (рисунок 3).



Рисунок 1 – Універсальна вагон платформа моделі 13-4012



Рисунок 2 – Вагон-хопер моделі 19-758-01



Рисунок 3 – Вагон-цистерна моделі 15-4443

У процесі ходових динамічних випробувань вагона вимірюються, аналізуються та оцінюються такі величини та показники: вертикальні та горизонтальні (поперечні) прискорення обресорних мас вагона в зоні підп'ятника вагона динамічні бічні (рамні) сили, що діють на букси колісних пар коефіцієнт стійкості колеса від сходу з рейок; коефіцієнти вертикальної динаміки обресорених але не обресорених мас; коефіцієнт горизонтальної динаміки (ставлення бічної рамної сили до осевого навантаження) сили, що діють на дослідний вагон; швидкість руху. Ходові динамічні випробування проведені шляхом проведення дослідницьких поїздок у реальних умовах експлуатації з реєстрацією динамічних процесів та деформацій у контрольних точках з різними варіантами розташування дослідних вагонів у складі вантажного поїзда.

Оцінка стійкості колеса проти сходу з рейки проводиться формулою:

$$K_{yc} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{Q_{ш}(1,03 - 1,17K_D'' + K_D''') + 0,515q_{кп} + 0,305H_p}{Q_{ш}(0,242 + 0,042K_D'' - 0,285K_D''') + 0,121q_{кп} + 0,92H_p} \quad (1)$$

В результаті проведених досліджень максимальні сили на автозчепленні-динамометрі під час ходових-динамічних випробувань у різних місцях розташування у поїзді склали: початок поїзда – 325 МПа; середина поїзда – 280 МПа; кінець поїзда – 82 МПа (рисунок 4).

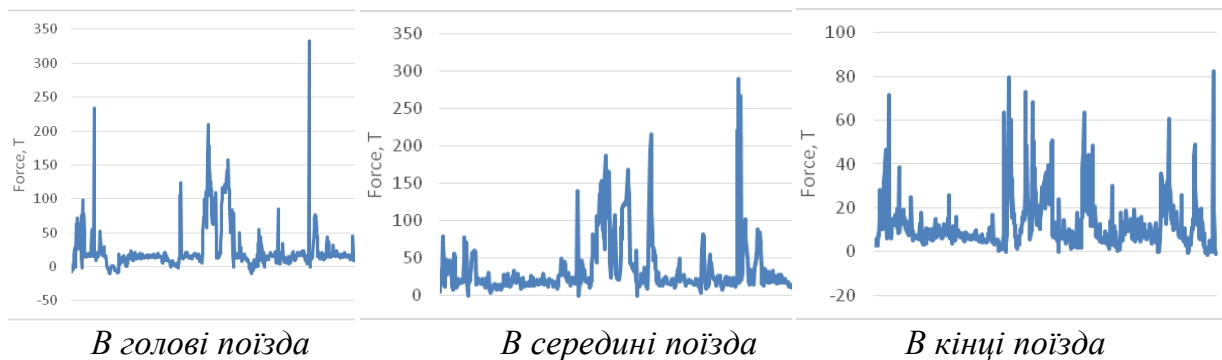


Рисунок 4 – Сили які діють на дослідні вагони

Висновки. У ході проведення теоретичних та практичних досліджень щодо визначення показника коефіцієнта запасу стійкості колеса зі сходу з рейок в залежності від постановки легковажних вантажних вагонів у поїзді в порожньому режимі на прямих та кривих відрізках залізничної колії в діапазоні експлуатаційних швидкостей було встановлено, що він змінюється у негативний бік залежно від зменшення тари більш ніж на 10% від нормативної, поганого технічного стану несучих та екіпажної частини вагона та розташування вагонів у голові та середині поїзда.

Л і т е р а т у р а

1. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідні). [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДЦ», 2014. 162 с.
2. Fomin, O., Burlutsky, O., Fomina, Y. Development and Application of Cataloging in Structural Design of Freight Car Building. Metall, 2, 2015, p.p.250-256.
3. Fomin, O., Logvinenko, O., Burlutsky, O., Rybin, A. 2018. Scientific Substantiation of Thermal Leveling for Deformations in the Car Structure. International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), 2018, p.p. 125-129.
4. Kelrykh, M., Fomin, O., Gerlici, J., Prokopenko, P., Kravchenko, K., Lack, T. Features of tank car testing for dangerous cargoes transportation. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 659 (012055), 2019.
5. Fomin, O. Increase of the Freight Wagons Ideality Degree and Prognostication of Their Evolution Stages. Naukovyi Visnyk NHU, 2, 2015, p.p. 68-76.

6. Gorbunov, M., Fomin, O., Prosvirova, O., Prokopenko, P. Conceptual basis of thermo-controllability in railways braking tribopairs. Scientific Bulletin of National Mining University, 2, 2019, p.p. 58-66.

ВИПРОБУВАННЯ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛЬНОГО САМОХІДНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ З ГІДРАВЛІЧНОЮ КРАНОВО-МАНІПУЛЯТОРНОЮ УСТАНОВКОЮ ЗА МЕЖАМИ НОРМАТИВНОГО СТРОКУ СЛУЖБИ

Фомін О.В. – д.т.н., проф., fomin1985@ukr.net
Терещук М.П. – аспірант, tereschuk1520mm@gmail.com
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

TESTING OF THE BEARING STRUCTURES OF A SPECIAL SELF- PROPELLED ROLLING STOCK WITH HYDRAULIC CRANE AND MANIPULATOR DEVICE BEYOND THE LIMITS OF THE NORMAL SERVICE PERIOD

Fomin O.V. – Doctor of Science, Professor, fomin1985@ukr.net
Tereshchuk M.P. – graduate student, tereschuk1520mm@gmail.com
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. The most important task for JSC "Ukrzaliznytsia" is to ensure traffic safety. One of the important segments affecting traffic safety is maintaining the railway infrastructure in good condition. In order to maintain the infrastructure in proper condition, the task of preserving the existing fleet of specialized self-propelled rolling stock beyond the designated service life remains relevant. Taking this into account, there is a need to conduct tests aimed at creating conditions for the operation of rolling stock while maintaining dynamic and strength characteristics. In this article, the order, volume and obtained results of strength and fatigue resistance tests on the example of a special self-propelled rolling stock of the DHKu type are given. The results of the maximum stress levels, root mean square deviation, coefficients of the fatigue resistance margin, dependence of the stress level on the speed of movement were obtained. Based on the results of the research, a technical solution was developed that allows technical diagnostics to be carried out using non-destructive testing methods in order to extend the service life of special self-propelled rolling stock.

Keywords: special self-propelled rolling stock, load-bearing structures, crane-manipulator installation, testing, strength, fatigue resistance, service life.

Вступ. З метою забезпечення ремонту залізничної інфраструктури актуальною задачею є продовження строку служби та убезпечення експлуатації

спеціального рухомого складу, у тому числі одиниць обладнаних краново-маніпуляторними установками. На даний час нормативне забезпечення щодо загальних підходів до продовження терміну експлуатації спеціального рухомого складу відсутнє. На залізницях України експлуатується 282 таких одиниці, які експлуатуються з понаднормовим строком служби, що встановлений заводом-виробником.

Об'єкт досліджень дрезина ДГКу № 3008, яка використовується Київською дистанцією колії (ПЧ-3) регіональної філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Українська залізниця» (рис. 1), з вичерпаним призначеним строком служби.

Матеріали і методи дослідження. Основні дефекти несівних металевих конструкцій автодрезин ДГКу – це тріщини, які виникають в основному металі кронштейнів кріплення гальмівної важільної передачі; тріщини, які виникають в основному металі посилюючих накладок поздовжніх балок рами, тріщини



Рис. 1 – Дрезина ДГКу-М з краново-маніпуляторною установкою

які виникають в посилюючих діафрагмах поздовжніх балках рами та ін.

Ходові міцнісні випробування проводять шляхом реєстрації процесів в контрольних точках деталей рами кузова під час дослідницьких поїздок в діапазоні експлуатаційних швидкостей, якщо це не загрожує безпеці руху. За результатами вимірювань виконують розрахунки, оцінюють коефіцієнт запасу опору втомі.

Реєстрація вимірюваних процесів ходових випробувань на міцність проводиться на прямих і кривих ділянках колії, стрілочних переводах у всьому діапазоні допустимих експлуатаційних швидкостей.

Ходові міцнісні випробування проводять під час поїздок в реальних умовах експлуатації з реєстрацією динамічних процесів і деформацій в контрольних точках.

Комплексні випробування дрезини ДГКу №3008, 1981 року побудови проведені в два етапи:

Ходові міцнісні випробування на ділянці колії ст. Трипілля – ст. Київ-Волинський – ст. Трипілля. Загальна дистанція при ходових міцнісних випробуваннях склала 144 км;

Статичні випробування на міцність проведені шляхом піднімання вантажу вагою 0,9 т. крановою установкою на максимальному вильоті крана.

Результати досліджень. Результати визначення статичних напружень під час роботи кранової установки наведені в таблиці 1.

Допустиме напруження матеріалу НМК автодрезини ДГКу складає $0,9 \cdot \sigma_t = 221 \text{ МПа}$.

Таблиця 1 – Максимальні напруження під час статичних випробуваннях

№ каналу	Максимальне значення, МПа	Невизначеність, %
1	2,86	2,1
2	2,90	
3	8,75	
4	2,52	
5	1,85	
6	15,51	
7	1,59	

Обробка даних ходових випробувань на міцність автомотриси передбачає розшифровку, ідентифікацію та систематизацію параметрів зареєстрованих процесів що викликають динамічні напруги. Частота опитування тензорезисторів при знятті показань становить 400 Гц.

Місця установки тензодатчиків при ходових випробуваннях наведені на рис. 2.

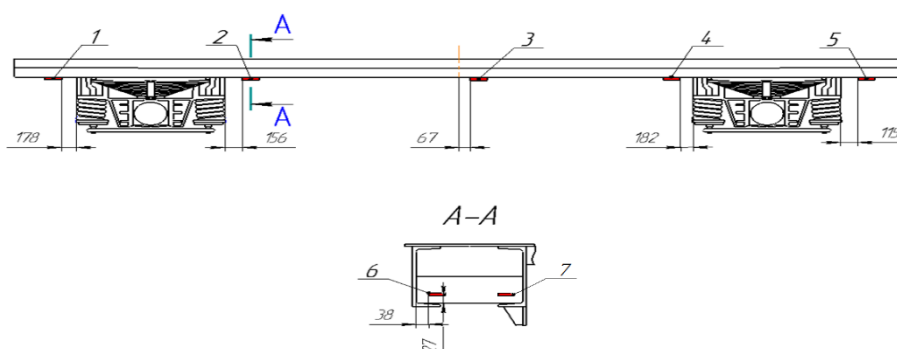


Рис. 2 – Схема розміщення тензорезисторів на рамі ДГКу №3008

На основі обробки даних ходових міцнісних випробувань автодрезини ДГКу № 3008 дослідні дані групуються за діапазонами швидкостей руху, характерними особливостями ділянки шляху (пряма, крива, стрілки, тощо),

режимам руху (розгін, гальмування) вагона та визначається амплітудно-частотний склад напружено-деформованого стану в елементах конструкції у діапазоні від 0,3 Гц до 30,0 Гц, з метою оцінки коефіцієнту запасу опору втомі за формулою згідно [15]:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n]$$

де $\sigma_{a,N}$ – границя витривалості (за амплітудою) натурної деталі за симетричним циклом і встановленим режимом навантажень згідно [13];

$\sigma_{a,\varepsilon}$ – розрахункова величина еквівалентної амплітуди динамічного напруження у реальному режимі експлуатаційних випадкових навантажень за проектний строк служби конструкції;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втомі.

Допустимі напруження матеріалу несучих конструкцій дрезин ДГКУ прийнято $0,9\sigma_T = 221$ МПа.

Приймаємо максимальний коефіцієнт динаміки для дослідних місць $K_d = 0.4$. Максимальні експлуатаційні навантаження в місцях установки тензорезисторів оцінено як суму статичних і динамічних напружень.

За результатами досліджень напружено-деформованого стану встановлено, що напруження в несучих металевих конструкціях дрезини ДГКУ не перевищують допустимих. Найменше значення коефіцієнту запасу опору втомі дорівнює 1,51. Всі інші значення коефіцієнту запасу опору втомі складають 1,54 та вище рис. 3.

Отримані експериментальні дані відповідають вимогам $[n] = 1,5$ згідно ДСТУ ГОСТ 32265:2016.

При визначенні строку служби проведені розрахунки коефіцієнту запасу опору втомі $[n]$ несучих металевих конструкцій на строк служби до 65 років (64 років включно).

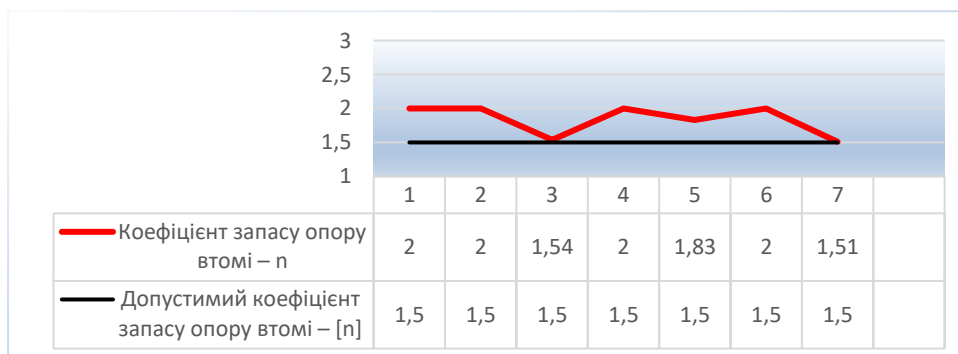


Рис. 3 – Графік порівняння отриманих та допустимих значень коефіцієнту опору втомі

Отримані значення коефіцієнту запасу опору втомі є допустимими при періодичному технічному діагностуванні несучих металевих конструкцій автодрезин ДГКу зі строком служби до 65 років (64 років включно) та відповідають умові:

$$n \geq [n],$$

де $[n]$ - допустиме значення коефіцієнту запасу опору втомі для рами автодрезини ДГКу ($[n] = 1,5$);

n - дійсне отримане значення коефіцієнту запасу опору втомі.

Висновки. Аналізуючи результати випробувань автодрезини ДГКу на ділянці ст. Трипілля – ст. Київ-Волинський шляхом проїзду в обох напрямках встановлено, що фактичні значення коефіцієнтів опору втомі НМК дрезини ДГКу відповідають вимогам ДСТУ ГОСТ 32265:2016 в діапазоні швидкостей до 80 км/год включно.

На основі результатів оцінки показників міцності та опору втомі, науково обґрунтованим є встановлення строку служби до 65 років (64 років включно) для автодрезин ДГКу, що перетнули призначений строку експлуатації.

Л і т е р а т у р а

1. Fomin O., Kara S., Prokopenko P., Turovets D. Testing of load-bearing structures of special rolling stock after long-term operation. Collection of scientific works DUIT "Transport systems and technologies" Kyiv. 2021. Issue № 37.
2. Mukhamedova Z.G. Xromova G.A Yutkina I.S Mathematical model of oscillations of bearing body frame of emergency and repair railcar // Journal "Transport Problems", Volume 12, Issue 1, Gliwice 2017, pp. 93-103.
3. Rowshandel, H.; Nicholson, G.L.; Davis, C. L.; Roberts, C. An Integrated Robotic System for Automatic Detection and Characterization of Rolling Contact Fatigue Cracks in Rails Using an Alternating Current Field Measurement Sensor. Proc. Inst. Mech. Eng. Part F J. Rail Rapid Transit 2013, 227, 310-321.
4. Technical decision on extending the service life of cranes on railway tracks up to 60 years. TR.NDKTY/NVC.KR.01-2018. Kyiv NDKTI, 2018.16 p.
5. Research of the remaining resource in order to extend the service life of special wagons for the transportation of special contingents. Kyiv NDKTI, 2019. 52 p.
6. Technical solution to ensure the operation of ADM-type motor vehicles beyond the extended service life. TR. NDKTI/II. ADM. 01–2019. Kyiv NDKTI, 2019. 14 p.
7. Technical decision on ensuring the operation of freight trains of the State Railways of Ukraine beyond the designated service life. TR.NDKTI/UI.DGKu.01–2022. Kyiv NDKTI, 2022.14 p.
8. Control tests of load-bearing structures of specialized rolling stock of types АГMy, АС-1А in order to extend the service life. Test program of NDKTI/NVC UI 006-20. Kyiv NDKTI, 2020. 18 p.
9. Fomin O.V. Theoretical foundations of the software complex for the definition and use of mathematical models of component freight cars. Scientific journal "Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchuk". Kremenchuk. 2013. Issue 6(83). P. 87-91.

10. Fomin Oleksij, Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Kateryna Kravchenko, Pavlo Prokopenko, Anna Fomina, and Vladimir Hauser. "Durability Determination of the Bearing Structure of an Open Freight Wagon Body Made of Round Pipes during its Transportation on the Railway Ferry." Communications-Scientific letters of the University of Zilina 21, no. 1. 2019. pp. 28-34.
11. Technical decision on ensuring the operation of AS-1A type auto-trainers beyond the extended service life. TR.NDKTI/UI.AS-1A.01–2020. Kyiv NDKTI, 2020. 13 p.
12. O. Fomin, A. Lovska, V. Masliyev, A. Tsymbaliuk, O. Burlutski. Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 7, Issue 1 (97)., 2019. P. 33-40.
13. Gorbunov M., Kara S., Nozhenko O., Fomin O., Vaiciūnas G., Petrenko V. Creation of the image of the new generation freight car bogie. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, p. 1277-1283.
14. M. Gorbunov, J. Gerlici, S. Kara, O. Nozhenko, G. Chernyak, K. Kravchenko, T. Lack. New principle schemes of freight car bogies. "Manufacturing Technology". Volume 18, Issue 2, April 1, 2018, P. 233-238.
15. DSTU GOST 31846:2016 (GOST 31846:2012, IDT) Special rolling stock. Requirements for the strength of load-bearing structures and dynamic qualities.

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СУМІЩЕНОГО РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ І ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ НА ВИСОКОШВИДКІСНІЙ ЗАЛІЗНИЦІ

Хмелевська Н.П. – аспірант, hmelevnela@gmail.com
Курган М.Б. – д.т.н., проф., kunibor@gmail.com
Український Державний університет науки і технологій
Україна, м. Дніпро

INNOVATIVE APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF COMBINED TRAFFIC OF PASSENGER AND FREIGHT TRAINS ON THE HIGH-SPEED RAILWAY

Khmelevska N.P. – Postgraduate student, hmelevnela@gmail.com
Kurgan M.B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, kunibor@gmail.com
Ukrainian State University of Science and Technology
Ukraine, Dnipro

Abstract. The main reasons for the expediency of the combined movement of high-speed passenger and accelerated freight trains have been revealed. The analysis and theoretical generalization of materials related to the simultaneous movement of high-speed passenger and freight trains in the countries of the European Union is applied. It is shown that the main reasons for the arrangement of sections of combined traffic are to overcome contour or height obstacles, as well as to justify investments in the construction of VSHM, where the demand

for passenger transportation is insufficient and the payback is ensured at the expense of additional income from the transportation of goods when organizing combined traffic.

Keywords: *High-speed highway, combined train traffic, TEN-T network, track design, contour obstacle, height obstacle, high-speed traffic, European track*

Актуальність дослідження. Сучасне залізничне сполучення неможливо уявити без високих швидкостей як основи інноваційного розвитку залізниць. Інноваційна діяльність розглядається як складова частина діяльності спрямована на розробку, створення й поширення нових технологій і організаційно-управлінських форм розвитку високошвидкісного транспорту. Сьогодні існує багато науково-дослідних робіт присвячених дослідженню шляхів подальшого розвитку транс'європейської високошвидкісної залізничної мережі. Один з таких проектів - NGT (Next Generation Train - поїзд наступного покоління) – розроблений восьми інститутами Німецького центру авіації та космонавтики (DLR) [1]. Основна ідея NGT полягала у визначенні полігона мережі ВШМ у Європі, розрахованого на рух поїздів нового покоління (NGT) зі швидкістю 400 км/год, скорочення часу в дорозі та зниження питомого енергоспоживання, шуму та зносу, одночасно підвищуючи безпеку та комфорт пасажирів та скорочуючи витрати протягом життєвого циклу.

Сучасна транспортна політика Європейського союзу спрямована на створення єдиної загальноєвропейської транспортної мережі TEN-T, що включає автомобільні дороги, залізниці, внутрішні водні та повітряні шляхи [2].

Важливою відмінністю залізничної системи України від сусідніх країн ЄС є інша ширина колії, що призводить до цілого ряду пов'язаних із цим особливостей експлуатації залізничного транспорту. Як відмічається в статті [3], впровадження міжнародного маршруту Державний Кордон–Нижанковичі–Хирів–Старжава–Державний Кордон колією 1435 мм дозволяє відкрити нові міжнародні пасажирські маршрути з подальшим впровадженням на тих самих ділянках колій маршрутів вантажних перевезень.

Значну увагу в наукових працях приділено питанням пов'язаним з проектами будівництва нових високошвидкісних залізничних ліній, сумісності з Транс-Європейськими HSR, збільшенням пропускної спроможності при змішаній організації вантажних і пасажирських перевезень. Стаття [4] зосереджена на проблемі розподілу пропускної спроможності поїзда для змішаної схеми перевезення пасажирів і вантажів у системах HSR, у якій залізничні оператори запроваджують управління доходами для визначення оптимального плану розподілу пропускної спроможності поїзда для кожної служби.

У науковій праці [5] показано, що Китай запровадив своєрідну службу доставки, яка використовує пасажирські поїзди HSR для транспортування

невеликих посилок, яка називається експрес-доставкою HSR. Зауважимо, що такі операції, як приймання та відправлення поїздів, завантаження та розвантаження, необхідно проводити на конкретних вузлах для вантажних складів HSR. Зараз таких умов немає на швидкісних пасажирських вокзалах. Таким чином, вирішальним аспектом розширення вантажних перевезень HSR є будівництво оснащених відповідними умовами експлуатації хабів.

Аналіз наукових праць показав, що суміщений рух пасажирських і вантажних перевезень може здійснюватися за різними схемами: перевезення швидкопсуваних вантажів, посилок, цінних товарів здійснюються швидкісними поїздами, тими, що й пасажирські перевезення; перевезення вантажів здійснюються прискореними вантажними поїздами при відносно невеликому розриві в швидкостях руху поїздів різного типу для зменшення коефіцієнту зйому й забезпечення потрібної пропускної спроможності.

Мета роботи. Застосовуючи аналіз та теоретичне узагальнення матеріалів, що стосуються суміщеного руху високошвидкісних пасажирських та вантажних поїздів у країнах Європейського Союзу, виявити можливості й доцільність поєднаного руху високошвидкісних пасажирських та прискорених вантажних поїздів в Україні.

Матеріали дослідження. Наявність поїздів різних категорій (високошвидкісні й прискоренні контейнерні) призводить до того, що на ділянках крутих підйомів швидкості руху суттєвого відрізняються. Рівень швидкості залежить від маси вантажного поїзда. Для дослідження цього питання розглядалися прискорені вантажні поїзди масою 1000, 1500 і 2000 тонн.

Пропуск спеціальних поїздів по ВШМ на новій трасі шириною колії 1435 мм може здійснюватися поїздами з локомотивом, наприклад, EU44, який використовується на польських залізницях. Електровози серії EU44 та EU43, відомі також як "Husarz," є одними з потужних і сучасних електровозів, призначені для руху вантажних і пасажирських поїздів на довгих відстанях. Потужність локомотива залежно від тяги: 6400 кВт (змінний, 15 кВ, 25 кВ), 6000 кВт (3 кВ), 4200 (1,5 кВ). Максимальна швидкість: 200 км/год – постійний струм, 230 км/год – змінний струм.

Максимально можлива кількість вантажних поїздів, яка може бути пропущена по ділянці за добу при непаралельному графіку руху, визначається за формулою:

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пас}} \cdot N_{\text{пас}} \quad (1)$$

де $N_{\text{наяв}}$ – наявна пропускна спроможність ділянки при паралельному графіку;

ε_{nac} – коефіцієнт зйому для швидкісних пасажирських поїздів;

N_{nac} – кількість швидкісних пасажирських поїздів (пар поїздів).

Так, згідно роботи [6] коефіцієнт зйому ниток графіку пасажирськими поїздами на ділянках обладнаних автоблокуванням залежить від відстані ділянки, довжини блок-ділянок, часу ходу по блок-ділянці пасажирських та вантажних поїздів, станційних інтервалів по прибуттю та відправленню. Інтервал по прибуттю поїздів на станцію при швидкісному русі пасажирських поїздів (170-200 км/год) складає 30 хв.

Серед відомих інноваційних технологій в цій роботі розглядається можливість використання комп'ютерного моделювання для встановлення пропускної спроможності ділянки залізниці при суміщеному русі поїздів різних категорій.

За методикою розробленою авторами [7] (рис. 1), чистий дисконтований дохід NPV_t досягається при суміщеному русі поїздів та комбінаціях $(N_{nac}, N_{ван}) = \{(x, y) \mid x \in N_{nac}, y \in N_{ван}\}$, що наведені на рис. 1.

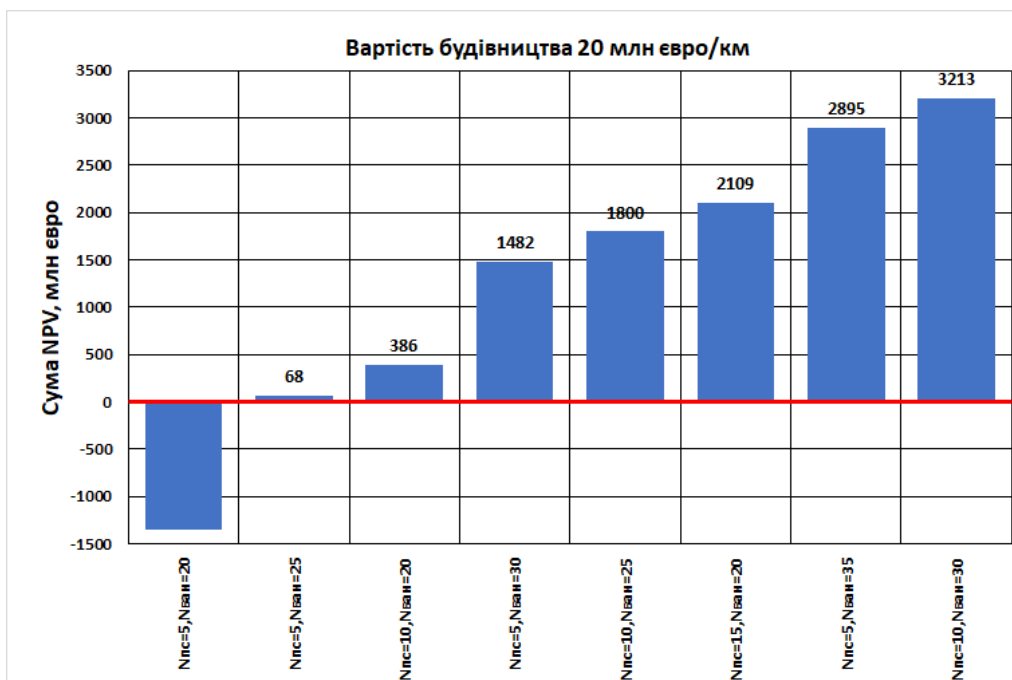


Рисунок 1 – Залежність $\sum_{t=1}^{t=T} NPV_t$ від обсягів перевезень

Подальші розрахунки виконані за формулою (1) за таких вихідних даних: $N_{наяв} = 100$ пар поїздів на добу, $\varepsilon_{nac} = 6,0 - 8,0$, $N_{nac} = 5 - 30$ пар поїздів на добу. Результати наведені на рис. 2.

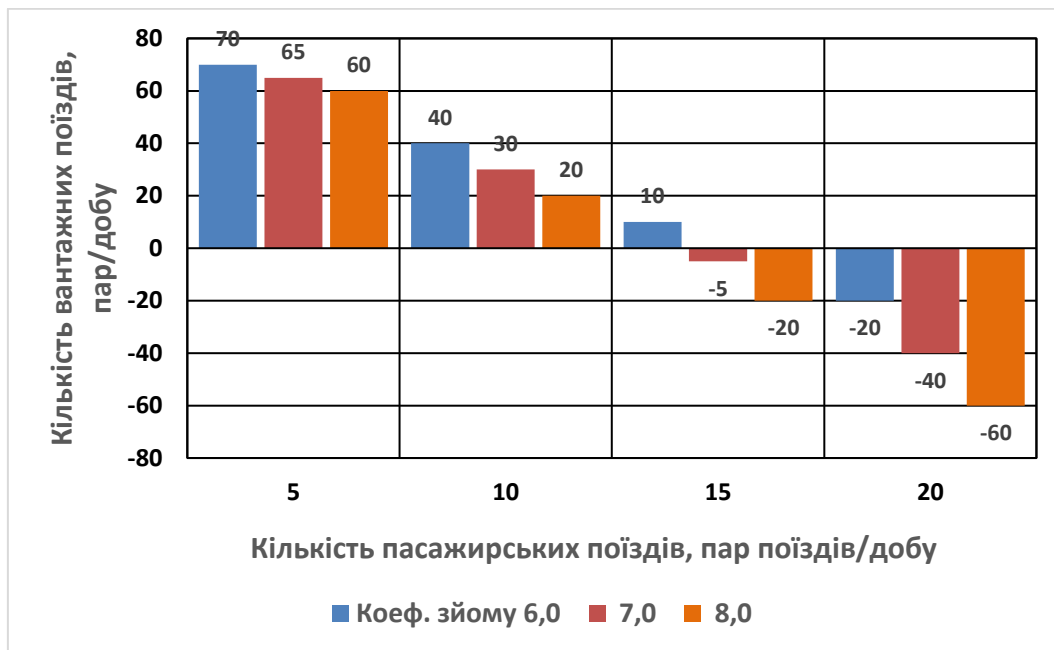


Рисунок 2 – Максимально можлива кількість вантажних поїздів в залежності від обсягів пасажирського руху і коефіцієнту зйому

З рис. 2 випливає, що вантажний рух прискорених поїздів на високошвидкісній ділянці може бути організований при кількості пасажирських поїздів не більше 10 пар на добу (при $\varepsilon_{nac} = 6,0 - 8,0$ пар поїздів на добу).

Співставлення отриманих результатів (рис. 1 і 2) показує, що на високошвидкісній ділянці може бути організовано суміщений рух поїздів і отримано чистий дисконтований дохід в розмірі 3213 млн євро при кількості пасажирських поїздів 10 пар на добу і вантажних – 25 пар поїздів на добу, якщо коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими складає 6,0-7,0. При таких же розмірах пасажирських перевезень і коефіцієнті зйому 8,0 вантажний рух може бути не більше 20 пар поїздів на добу і дохід знизиться до 2592 млн євро.

Висновок. Комплексний підхід до оцінки ефективності впровадження руху швидкісних пасажирських і прискорених вантажних поїздів підтвердив можливість отримання чистого дисконтованого доходу і забезпечення пропускної спроможності нової двоколіїної залізниці при суміщеному русі поїздів. З наведених в роботі результатів випливає, що сполучення високошвидкісного й прискореного вантажного руху поїздів можливе, якщо окупність інвестицій в будівництво нової високошвидкісної магістралі забезпечується за рахунок доходів від пасажирських і вантажних перевезень.

Л і т е р а т у р а

1. Schumann, T., & Lemmer, K. (2013). Project NGT – new potential for high-speed rail in Europe. *Zheleznyye dorogi mira*, 3, 14-23
2. Трансєвропейские высокоскоростные железные дороги. Исследование генерального плана – Этап 2 Общие сведения, подтверждающие необходимость

дальнейших исследований. Организация объединенных наций. Женева, 2021. 409 с.
https://unece.org/sites/default/files/2022-10/2017852_R_ECE_TRANS_282_WEB.pdf

3. Bohdan Gera, Yuliia Hermaniuk, Vasyl Matviiv Organization of passenger rail transportation on the section with the combined track nyzhankovychi-starzhava. Transport technologies. Vol. 4, No. 1, 2023 <https://doi.org/10.23939/tt2023.01.029>

4. Guangming Xu, Linhuan Zhong, Runfa Wu, Xinlei Hu, Jing Guo Optimize train capacity allocation for the high-speed railway mixed transportation of passenger and freight. Computers & Industrial Engineering. Volume 174, December 2022, 108788 <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108788>

5. Teer Lu, Junhua Chen, Chunxiao Zhao and Xiaoling Xie Optimization of High-Speed Rail Express Transportation Plan Considering Products' Variable Time Requirements. Appl. Sci. China, 2023, 13(12), 6919; <https://doi.org/10.3390/app13126919>

6. Вернігора Р.В. Аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими в умовах швидкісного руху / Р.В. Вернігора, О.Ю. Папахов, Н.О. Логвінова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774 2/3 (62), 2013. С. 51-55.

7. Науково-технічне забезпечення залізничного сполучення Україна – Євросоюз: монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган; Дніпротр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс». 2018. 268 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

Шабров О.М. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг, sasha.nsk@ukr.net

Прокончук Б.В. – здобувач вищої освіти гр. 2EEE-маг,
boqdan.prokopchuk1111@gmail.com

Снівак О.М. – к.т.н., доцент, alexspi@ukr.net

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

MODERNIZATION OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE OF AC LOCOMOTIVES

Shabrov A. – student gr. 2EEE-mag, sasha.nsk@ukr.net

Prokopchuk B. – student gr. 2EEE-mag, boqdan.prokopchuk1111@gmail.com

Spivak A. – Ph.D., Associate Professor, alexspi@ukr.net

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. The work is devoted to the modernization and improvement of the energy efficiency of the electric rolling stock of alternating current railways with collector traction motors by replacing the non-controlled traction rectifier unit used on the VL80T electric locomotive

with a controlled one. The development of power electronics, the use of semiconductor thyristors made it possible to create qualitatively new systems for controlling the operating modes of traction motors - non-contact. The transition to smooth regulation radically changes the schemes and operating conditions of electric rolling stock, significantly improving its traction and operational qualities and increasing the economic efficiency of electric traction as a whole.

Keywords: collector engine, thyristor converter, traction drive, modernization.

Актуальність дослідження. Ефективний розвиток залізничного транспорту, який складає основу транспортної системи країни, є необхідною умовою для сталого функціонування всіх галузей економіки.

Проте вже найближчим часом технічний стан тягового рухомого складу (ТРС) і технічний рівень перевезень можуть стати причинами значних затримок соціально – економічному розвитку. Проблема ускладнюється браком фінансових коштів на оновлення ТРС, термін експлуатації якого складає 25-35 років, більша частина електровозів знаходиться у фінальній стадії життєвого циклу. Це призводить до збільшення затрат на ремонт, технічне обслуговування та підвищення безпеки руху.

Вирішення даної проблеми частково може вирішуватись модернізацією існуючого рухомого складу з продовженням терміну експлуатації.

Модернізація обходиться більш ніж в чотири рази дешевше за придбання нових електровозів, забезпечуючи практично той же результат в економіці та надійності. Основним засобом оновлення повинно стати впровадження сучасних досягнень науки і техніки, перспективних розробок вітчизняних вчених та європейського досвіду.

Метою роботи є пропозиція модернізації електрорухомого складу залізниць змінного струму з колекторними тяговими двигунами шляхом заміни тягової випрямної не керованої установки, що використовуються на електровозі ВЛ80^Т, керованою.

Шляхи удосконалення перетворювачів в тяговому електроприводі електровозів змінного струму.

Колекторні тягові двигуни, що застосовуються на електрорухомому складі (ЕРС), поряд із сприятливими тяговими властивостями і відносно високими техніко – економічними показниками мають серйозні недоліки, пов'язані в першу чергу, з наявністю колектору та щіткового апарату. Наявність колектору знижує експлуатаційну надійність, ускладнює ремонт тягового двигуна і збільшує витрати на технічне утримання ЕРС [1].

Розвиток електричної тяги супроводжується як зростанням потужності ЕРС в цілому (збільшення числа осей), так і зростанням електричної потужності двигунів. Зростання одиничної потужності колекторних тягових двигунів

обмежується комутаційною потужністю машини, механічною міцністю колектору і кріплення якірної обмотки, тепловою напруженістю [1].

Важливе значення для експлуатації ЕРС має надійність системи керування тяговим приводом. Контактorno-реостатна система керування роботою тягових колекторних двигунів містить значну кількість комутуючих приладів, надійність яких значно нижча ніж напівпровідникових приладів в електронних системах керування.

Застосування керованих випрямних установок з плавною системою керування напруги замість контактorno-реостатної ступеневої, виконаною на сучасній електронній базі, зменшило кількість відмов системи керування тяговим приводом на 8-10% [2, 3].

В останні роки з'являються різноманітні перетворювальні системи, використовуючи які можна значно покращити тягові властивості двигунів постійного та пульсуючого струму, але не можна прибрати відмічені вище недоліки.

Так як статична система керування в порівнянні із ступеневою дає економію електроенергії від 12 до 18% і сила тяги збільшується майже в 12 разів, в якості модернізації системи керування ЕРС змінного струму з колекторними двигунами пропонується статична система керування, для якої характерне плавне регулювання. При плавному регулюванні відсутні удари, які характерні при ступеневій системі керування в момент переключення з однієї ступені на іншу. Тобто статична система керування є більш надійною ніж ступенева [2,3].

Підвищення коефіцієнта потужності в електровозах серії ВЛ80^Т можливо здійснити модернізацією перетворювачів різними способами: на основі використання нових конструкцій перетворювачів (заміна некерованої випрямної установки на чотириквadrантний перетворювач); застосуванням компенсуючих пристроїв; в керованих випрямних установках новим методом організації комутації тиристорів [2, 3].

Проведений аналіз показав переваги впровадження випрямних установок з різними схемами керування, що застосовуються на сучасному електрорухомому складі, над не керованими випрямними установками. Серед переваг – значне підвищення коефіцієнта потужності, серед недоліків – достатньо висока вартість випрямної установки та значні кошти на модернізацію.

Найдоцільнішим із керованих випрямних установок є використання керованих випрямних установок, енергетичні установки яких побудовано на базі чотирьохквadrантних перетворювачів (4qS) із широтно-імпульсним законом керування [2, 3].

Силова частина керованого випрямляча зображена на рисунку нижче. Напруга живлення від джерела енергії надходить до первинної обмотки тягового

трансформатора, перетворюється в знижену змінну напругу і подається на вентилі обмотки випрямляча, де перетворюється в постійну напругу імпульсного струму. Фільтр виконує згладжування імпульсного струму, після чого подається напруга на тяговий двигун. Схема керування забезпечує відкриття та закриття вентилів випрямляча за обраним законом керування. Використання багатоканальної системи управління рекомендовано завдяки швидкості та якості стабілізації напруги на навантаженні та широкому діапазону регулювання.

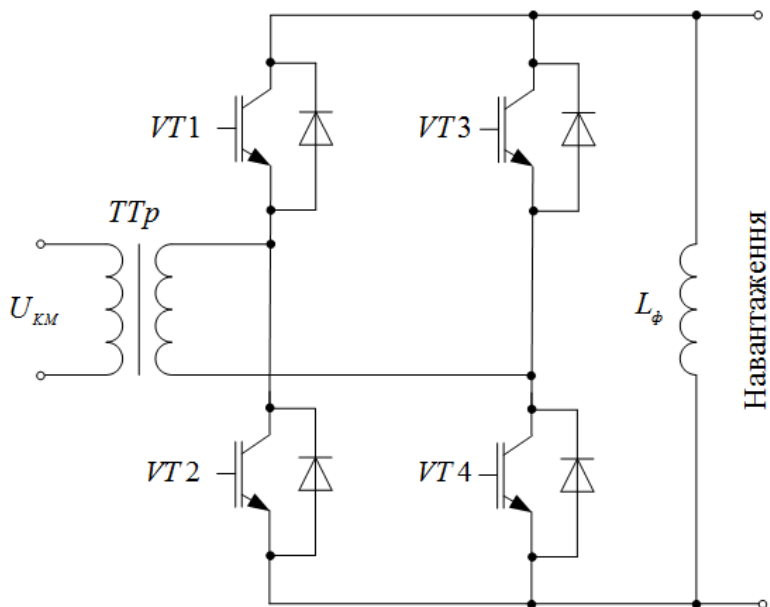


Рисунок – Силова частина керованого випрямляча

Висновок. Аналіз роботи ЕРС залізниць змінного струму з колекторними тяговими двигунами показав, що найбільший вплив на зниження енергетичних показників тягового приводу здійснює некерована випрямна установка, яку запропоновано замінити керованою, що дозволить за допомогою закону регулювання відкриванням ключів випрямної установки підвищити значення коефіцієнту потужності тягового приводу в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Безрученко В.М., Варченко В.К., Чумак В.В. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навч. посіб. Дн-вськ: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с.
2. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу: навч. посіб. / Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко та ін. Харків: НТУ «ХПІ», 2007. 192 с.
3. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі: навч. посіб. Дн-вськ: НГА України, 1999. 229 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Шульдінер Ю.В. – доцент, к.т.н, julia.shuldiner@gmail.com

Григор`єва О.О. – магістрант, julia.shuldiner@gmail.com

Гудаков І.А. – магістрант, julia.shuldiner@gmail.com

Петрученко О.В. – магістрант, julia.shuldiner@gmail.com

Український державний університет залізничного транспорту
Україна, Харків

IMPROVING FUNCTIONING OF RAIL PASSENGER TRANSPORTATION

Shuldiner J.V. – PhD (Tech.), julia.shuldiner@gmail.com

Grygorjeva O.O. – master's student, julia.shuldiner@gmail.com

Gudacov I.A. – master's student, julia.shuldiner@gmail.com

Petruchenco O.V. – master's student, julia.shuldiner@gmail.com

Ukrainian State University of Railway Transport
Ukraine, Kharkiv

Abstract. *At present, in the conditions of martial law and the development of international relations, the demand for international passenger transportation has increased. This also requires special attention, as there are so far few connections and trains running between Ukraine and neighboring European countries. It is necessary to expand the geography of international connections with European partners, taking into account the state program of European integration.*

Keywords: *transportation of passengers, organization of transportation, high-speed transportation, transport services.*

Актуальність досліджень зумовлена подальшою інтеграцією України до ЄС та посиленням конкурентної боротьби з головним конкурентом з перевезення пасажирів – автотранспортом. Так як примусити пасажирів обирати саме залізничний транспорт ми не можемо тому потрібно покращувати послуги які надає АТ «Укрзалізниця». Для забезпечення високої якості та ефективності пасажирських перевезень потрібна розробка, системна реалізація та впровадження різних заходів. Важливим аспектом для вдосконалення є впровадження засобів логістичного управління перевезенням пасажирів. А тому одним з найважливіших питань стає швидкість перевезення.

Одним із основних напрямків удосконалення організації пасажирських перевезень є розвиток швидкісних сполучень між великими містами, покращення технологій в експлуатації пасажирського рухомого складу, а також формування раціональної мережі маршрутів швидкісних перевезень в Україні.

Метою роботи є сучасна організація перевезень та поїздуотворення з урахуванням схем та композицій составів має ряд недоліків, головним з яких є

недостатня адаптація до умов транспортного ринку. У зв'язку з цим сьогодні виникає необхідність розвитку гнучких технологій у системі поїздоутворення на базі прогнозування пасажиропотоків, які згідно аналізів ринку транспортних послуг мають різні фактори нерівномірності – сезонна, місячна, тижнева, нерівномірність погодинна та ефект збільшення святкового попиту. Це дозволить на основі досліджень і систематизації даних корегувати схеми та композиції составів на оптимальний розрахунковий період [1].

На сьогоднішній день на залізницях України впровадження сучасних високошвидкісних перевезень за прикладом країн західної та центральної Європи є найбільш перспективним напрямком розвитку. Це сприятиме збільшенню пасажиропотоків та прибутків, але потребує набагато більшої уваги і зусиль, особливо в питанні технології експлуатації. В умовах військового стану змінені графіки курсування, вимушено кореговані напрямки прямування та складність у виконанні задач оперативного управління обмежують можливості гнучкої експлуатації, що дозволила би ефективно використовувати транспортні ресурси.

Тому впровадженням високошвидкісного руху потребує першочергового розвитку вітчизняних швидкісних перевезень з використанням маркетингових та логістичних підходів. Це в свою чергу потребує переходу від інформаційних до інформаційно-аналітичних систем управління, важлива роль в яких належить взаємозв'язку маркетингових та логістичних досліджень. При цьому логістичні підрозділи, що можуть оцінювати маркетингову інформацію про реальний попит, можуть і забезпечувати логістичну пропозицію в наданні транспортних послуг [2].

Мінімальні витрати на перевезення можуть бути досягнуті, якщо ввести для кожного поїзда відповідну оцінку. Оскільки зараз швидкості пасажирських поїздів суттєво не відрізняються, то як порівняльну оцінку можна прийняти час прямування поїзда в одному напрямку із врахуванням середнього простою в пунктах обороту.

Тоді умовні витрати будуть мати вигляд цільової функції [3]:

$$z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (C_i^{nj} x_i^j + C_i^{bj} y_i^j) \alpha_n \rightarrow \min, \quad (1)$$

де C_i^{nj} , C_i^{bj} – умовні оцінки поїздів відповідно, які прибувають на головну станцію і відправляються з головної станції;

α_n - коефіцієнт нерівномірності руху, що враховує різні фактори впливу та відображає фактичні обсяги перевезень.

Висновок. Отже, найбільш логічною подальшою перспективою для розвитку пасажирських перевезень на залізничному транспорті в Україні є розширення мережі швидкісних маршрутів експлуатації поїздів категорії IC+ та

ІС. В подальшому доцільно розвивати маркетингово-логістичне управління швидкісним рухом, ефективна реалізація якого дозволить підвищити якість обслуговування пасажирів, збільшити доходи від пасажирських перевезень, знизити експлуатаційні витрати. І в подальшому проаналізувати напрямки підвищеного попиту, які приносять найбільші доходи, для впровадження високошвидкісного руху.

Л і т е р а т у р а

1. Константинов Д.В. Дослідження сучасних пасажирських перевезень залізничним транспортом України. / Д.В. Константинов, Л.В. Коновалюк // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту, випуск 145. 2014. С.24-28.
2. Шандер О.Е. Удосконалення організації залізничних швидкісних пасажирських перевезень в умовах коливання пасажиропотоків / О.Е. Шандер, Д.Б. Ярмач, О.Ю. Федоренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: тези стендових доповідей та виступів учасників 34-ї міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 29 жовтня, 2021 р.). 2021. Т. 26 № 3 (додаток). С. 32.
3. Грушевська Т.М. Організація високошвидкісних перевезень в умовах реформування залізничного транспорту. Залізничний транспорт України. 2013. №1. С. 16 -19.

TRANSPORT-ORIENTED POWER ELECTRONIC SYSTEMS BASED ON INVERTERS REGULATED BY ALGORITHMS OF SYNCHRONOUS PWM

Oleschuk V. – Doctor of Technical Sciences, oleschukv@hotmail.com
Institute of Power Engineering
Technical University of Moldova
Republic of Moldova, Kishinau

Abstract. *The paper analyzes the use of recently developed methods and techniques of synchronous pulsewidth modulation (PWM), based on specific space-vector approach, for adjustment of inverters of transport-focused electric drives. The developed methods and algorithms of synchronous PWM, make it possible to ensure synchronization and symmetry of the basic voltages and currents of drive inverters and inverter-based transport systems throughout the entire control range, with the exclusion of unwanted subharmonics (of the fundamental frequency) from spectra of voltages and currents of systems, which is especially important for medium and high power transport drives.*

Keywords: *power electronics, voltage source inverter, electric vehicle, modulation strategy, spectra of voltage and current*

Relevance of the work is due to current increased attention to the development of electricity-based systems of surface, water, and air transportation.

Purpose of the study is to conduct a short review of recently developed novel methods and techniques of space-vector based synchronous PWM for inverters of three-phase, dual three-phase, and multiphase transport-oriented electric drives.

Currently, power electronics technologies play an important role in the rapid development, adoption and application of electric mobility around the world in land, water and air electric transport [1, 2].

Recently, new alternative methods, schemes, and techniques of synchronous space-vector-based PWM have been developed and studied in relation to promising topologies of inverter-based electric drives for transport application, which make it possible to increase the efficiency of the corresponding transport systems by improving the spectral composition of the basic voltages and currents of systems, in spectra of which there are no unwanted subharmonics (of the fundamental frequency) [3 – 7].

Table I presents the basic functional dependencies for determining the parameters of control and output signals of inverters for transport-oriented electric drives (for three-phase, five-phase, and six-phase systems) in accordance with the method of synchronous space-vector modulation [3]. Fig. 1 - 2 show timing diagrams illustrating (at a quarter of the period of the fundamental frequency) the pole and line voltages of a three-phase inverter controlled by continuous (Fig. 1) and discontinuous (Fig. 2) versions of synchronous space-vector PWM [3].

Fig. 3 shows the structure of the drive system of an electric vehicle based on two inverters powered by a battery and fuel cells [6]. Fig. 4 show the base voltages and currents in the system, as well as the spectral characteristics of the phase voltage and current, when regulating a 10 kW system adjusted by algorithms of continuous

Table 1 – Method of synchronous PWM [3]

Control function	Three-phase and six-phase inverters	Five-phase inverter
Basic parameters	F – operating fundamental frequency F_m – maximum fundamental frequency τ – sub-cycle (sub-interval, switching interval)	
Modulation index for scalar control mode	$m = F / F_m$	
Boundary frequencies transient between control sub-zones	$F_i = \frac{1}{6(2i-1)\tau}$ $F_{i-1} = \frac{1}{6(2i-3)\tau}$	$F_i = \frac{1}{10(2i-1)\tau}$ $F_{i-1} = \frac{1}{10(2i-3)\tau}$
Coefficient of synchronization	$K_s = 1 - \frac{F - F_i}{F_{i-1} - F_i}$	
The central active switching state	$\beta_1 = 1.10m\tau$	$\beta_1 = 1.21m\tau$
Active switching states	$\beta_j = \beta_1 \times \cos[(j-1)\tau]$	$\beta_j = \gamma_j' + \gamma_j'' + \delta_j' + \delta_j'' = 1.618\beta_1 \cos[(j-1)\tau]$
Border's active switching state	$\beta'' = \beta_1 \times \cos[(k-1)\tau]K_s$	$\beta'' = 1.618\beta_1 \times \cos[(k-1)\tau]K_s$
The minor part of active switching states	$\gamma_k = \beta_{i-k+1}[0.5 - 0.9 \tan(i-k)\tau]$	$\delta_k' + \delta_k'' = 0.382\beta_{i-k+1}$
Switch-off states (zero voltages)	$\lambda_j = \tau - (\beta_j + \beta_{j+1})/2$	
Boundary switch-off state	$\lambda_i = \lambda' = (\tau - \beta'')K_s$	

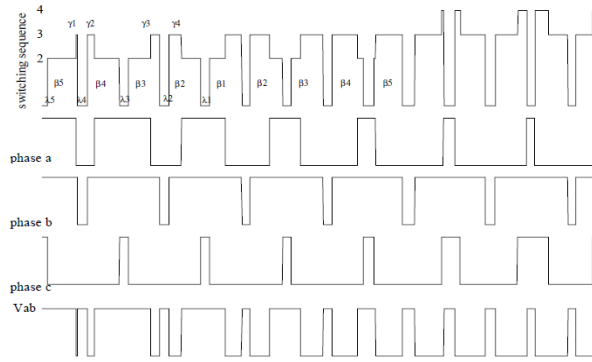


Fig. 1 – Basic voltage waveforms in system with continuous synchronous PWM [3]

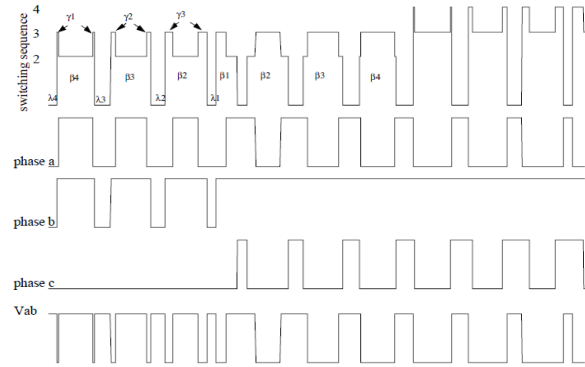


Fig. 2 – Basic voltage waveforms in system with discontinuous synchronous PWM [3]

synchronous PWM [6]. The output frequency of the system is 40 Hz, and the switching frequency of inverters is 1 kHz. The phase voltage waveforms in a system with synchronous PWM have quarter-wave symmetry, and in its spectrum, as in the spectrum of the phase current, there are no even harmonics and extremely undesirable (for powerful drives) subharmonics (of the fundamental frequency).

As another example of

application of the method of synchronous space-vector modulation, Figs. 5-7 show the topology of a transformer-type converter system based on three inverters with synchronous PWM (Fig. 5), as well as the base voltages in the system and their spectral characteristics, including integral spectral characteristics in Fig. 6 [4]. Such a system is promising for the use as a powerful ship propulsion drive.

Fig. 6 presents the results of an analysis of the Weighted Total Harmonics

Distortion (WTHD) factor ($WTHD = (1/V_{w1_1}) (\sum_{k=2}^{1000} (V_{w1_k}/k)^2)^{0.5}$) of the voltage on

inverter-side windings of the transformer (as a function of the modulation index m of inverters with continuous (CPWM) and discontinuous (DPWM30 and DPWM60) variants of synchronous PWM [4]. Fig. 7 shows the base voltages and its spectrograms in relation to system controlled by continuous synchronous PWM [4]. The fundamental frequency of the system is 35 Hz, and the switching frequency of inverters is 1 kHz.

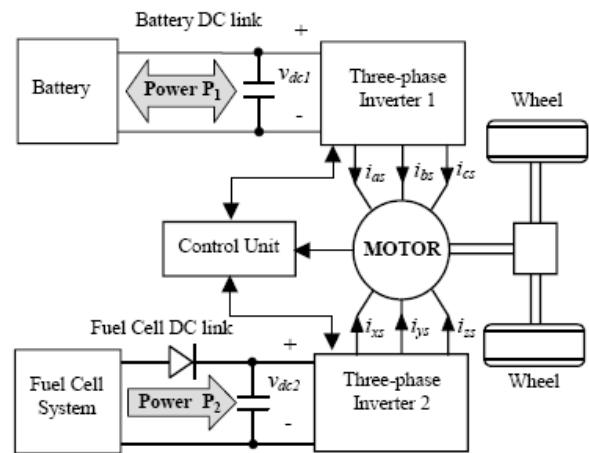


Fig. 3 – Dual three-phase drive system of electrical vehicle based on two inverters controlled by synchronous space-vector PWM [6]

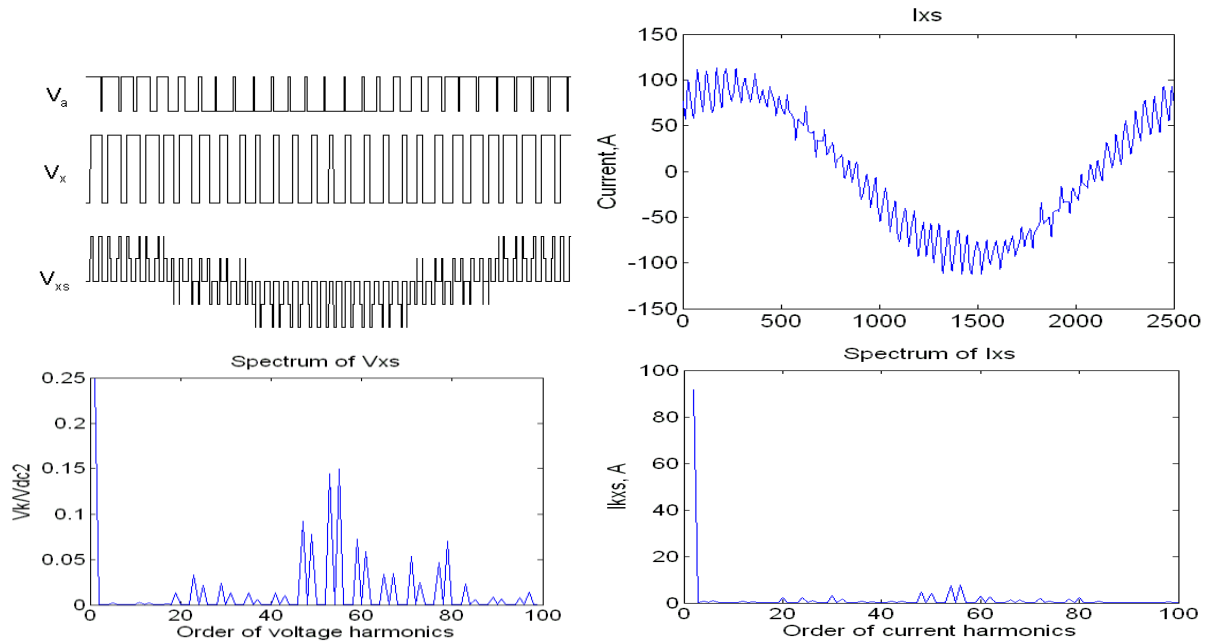


Fig. 4 – Base voltages and currents (as well as spectral characteristics of the phase voltage and current) in a transport drive system with continuous synchronous PWM [6]

Therefore, regarding the analyzed system, at low and medium fundamental frequencies, it is advisable to use algorithms of continuous synchronous PWM to regulate the system inverters, and at higher frequencies, the use of discontinuous synchronous PWM makes it possible to provide a better spectral composition of the basic voltages. The improved spectral composition of voltages and currents on the windings of the inverter side of the power transformer of the system makes it possible to reduce losses in the corresponding windings and reduce switching losses in the inverter part, thereby contributing to an overall increase in the efficiency of the drive system.

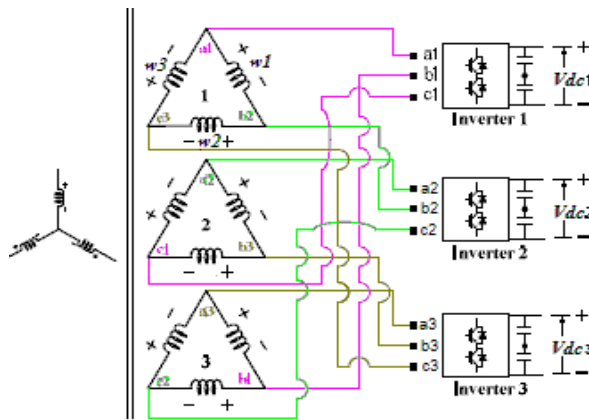


Fig. 5 – Topology of ship propulsion drive with three PWM inverters [4]

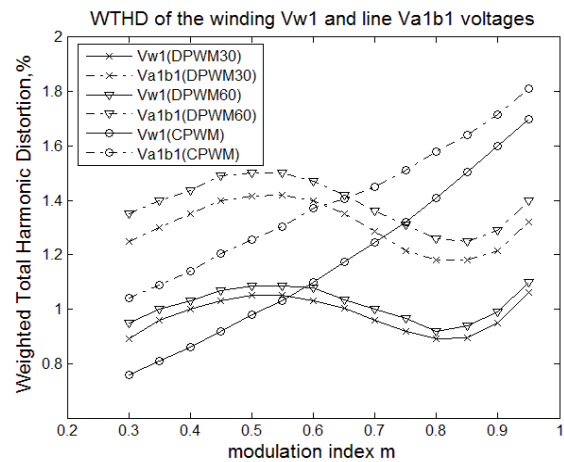


Fig. 6 – WTHD factor of the basic voltage waveforms [4]

Also, detailed analysis of rational operation of transport-oriented drive systems based on inverters with synchronous PWM in the overmodulation control range has been executed in [5].

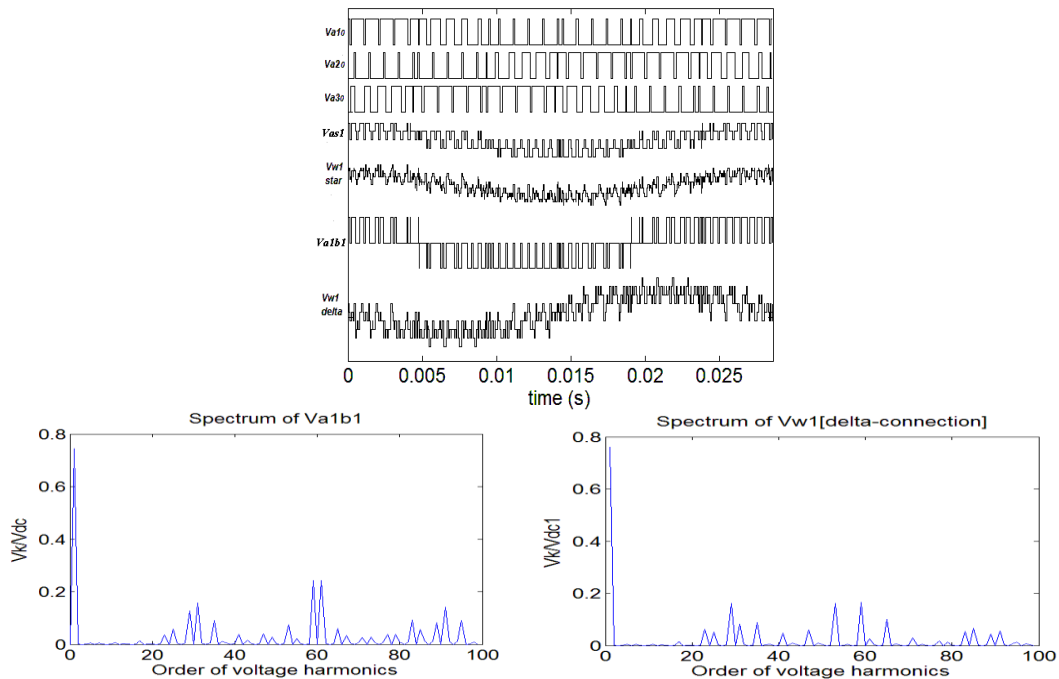


Fig. 7 – Base voltages (as well as spectral characteristics of the line and winding voltages) in ship propulsion drive system with continuous synchronous PWM [4]

Between perspective topologies of inverter-based drive installations for transport application there are also five-phase and six-phase systems. Therefore, the development and dissemination of schemes and algorithms of synchronous space-vector PWM has been executed for inverters of both five-phase [3, 6], and dual five-phase [4] drive systems, and for powerful four-inverter-based six-phase transport systems [4, 6, 7], including electrical power conversion systems based on modulated neutral-point-clamped inverters with specialized schemes of control and synchronous pulsewidth modulation.

Conclusions. Recently, new alternative methods, schemes, techniques, and algorithms of synchronous space-vector-based PWM for drive inverters have been developed and studied in relation to various promising structures and topologies of electric drives for transport applications.

So, the developed methods and algorithms of synchronous PWM for drive inverters, based on specific space-vector approach, make it possible to ensure synchronization and symmetry of the basic voltage and current waveforms of drive inverters and inverter-based transport systems throughout the entire control range, with the exclusion of unwanted subharmonics (of the fundamental frequency) from spectra

of the basic voltages and currents of systems, which is especially important for increasing efficiency functioning of the medium power and high power transport-oriented electric drives.

References

1. Williamson, S.S., Rathore, A.K., & Musavi, F. (2015). Industrial electronics for electric transportation: Current state-of-the-art and future challenges. *IEEE Trans. Ind. Electron.*, (62), 3021-3032.
2. Afonso, J.L., Cardoso, L.A.L, Pedrosa, D., Sousa, T.J.C., Machado, L., Tanta, M., & Monteiro, V. (2020). A review on power electronics technologies for electric mobility. *Energies*, (13), 6343.
3. Oleschuk, V. & Barrero, F. (2014). Standard and non-standard approaches for voltage synchronization of drive inverters with space-vector PWM: A survey. *International Review of Electrical Engineering*, 9:4, 688-707.
4. Oleschuk, V. & Ermuratskii, V. (2019). Novel methods, schemes and techniques of synchronous modulation for control of power conversion systems for transport: An overview. In: *2019 IEEE Electrical Vehicle Conf. (EV'2019)*, 1-6.
5. Oleschuk, V., Ermuratskii, V., & Vasiliev, I. (2020). Review of overmodulation control techniques of drive inverters with synchronous space-vector PWM. In: *2020 IEEE Int'l Conf. on Development and Application Systems (DAS'2020)*, 98-105.
6. Oleschuk, V. & Tirsu, M. (2023). Basic aspects of the theoretical and practical relevance of the method of synchronous multi-zone PWM for power inverters. In: *2023 IEEE Int'l Conf. on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN'2023)*, 1-8.
7. Oleschuk, V. (2023). Evolution and dissemination of specialized strategies, methods, and techniques of synchronous pulsewidth modulation for control of voltage source inverters and inverter-based systems. *Technical Electrodynamics*, (5), 14-27.

СЕКЦІЯ 2: УПРАВЛІННЯ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

SECTION 2: MANAGEMENT AND ADMINISTRATION IN THE TRANSPORT INDUSTRY

АНАЛІЗ СТАНУ РЕЙОК ЗАСОБАМИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ НА ПРИКЛАДІ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Гундер В.А. – магістрант, hynder_va@gsuite.duit.edu.ua
Молчанов В.М. – к.т.н., доц., molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна м. Київ

ANALYSIS OF RAIL CONDITION BY MEANS OF FLAW DETECTION ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHWESTERN RAILROAD

Hunder V.A. – master's student, hynder_va@gsuite.duit.edu.ua
Molchanov V.M. – PhD, Associate Professor, molchanov_vm@gsuite.duit.edu.ua
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The article presents an analysis of the condition of rails on the tracks of the regional branch of the Southwestern Railway during one month. The statistics of defect detection by flaw detection trolleys and flaw detection cars as an important component of train safety assessment is considered. The article identifies the characteristic problems in the organization of flaw detection control that have been systematically manifested for a long time. After analyzing the condition of the railroad rails, some measures were proposed to address the most pressing issues.*

Keywords: *traffic safety, railroad track maintenance, railroad track diagnostics, flaw detection, damage, rail defects, sharply defective rails, flaw detection trolleys, flaw detection cars.*

Актуальність дослідження. Забезпечення безпеки руху поїздів є першочерговим завданням системи поточного утримання залізничної колії, а рейки є найбільш важливим та найбільш навантаженим елементом конструкції колії, від якого прямо залежать умови дотримання безпеки руху поїздів. Таким чином, контроль за станом рейок колії є важливою складовою загальної діагностики залізничної колії як систематизованого методу оцінки та прогнозування її технічного стану.

На залізницях України для оцінки наявності дефектів рейок використовуються візуальний огляд з контролем ручним інструментом (контрольний молоточок, дзеркало, шуп, лупа), дефектоскопні візки та вагони [1]. У той самий час є ціла низка проблем, пов'язаних з діагностикою технічного стану рейок [2], зокрема: недостатня підготовка працівників дистанцій колії, нераціональне планування термінів контролю засобами дефектоскопії, недостатня автоматизація обробки сигналів при дефектоскопії, значний вплив «людського фактора» при неруйнівному контролі рейок, технологія моніторингу за процесом дефектоскопування рейок тощо.

Метою роботи є оцінка організації неруйнівного контролю рейок на залізниці протягом звітного періоду та пошук характерних проблем в процесі його реалізації.

Основний текст. Аналіз поточного стану системи організації дефектоскопного контролю рейок на прикладі спостережень у середньому протягом одного місяця показує, що ефективність роботи засобів рейкової дефектоскопії досить висока з виявленням більше 90% дефектів. При цьому основну роль у виявленні гострих дефектів рейок повинні відігравати саме мобільні засоби рейкової дефектоскопії з максимальною автоматизацією та діджиталізацією процесу.

Для вирішення усіх означених вище проблем здійснюється певна державна політика реформування залізниці та проводяться відповідні наукові дослідження, які враховують умови вітчизняних транспортних систем [2]. Існуюча система організації роботи засобів дефектоскопії [1, 3, 4] випробувана протягом тривалого часу, однак потребує регулярного оновлення й урахуванням нових викликів та сучасних підходів до даної проблематики.

В представленому дослідженні було використано дані Центру діагностики залізничної інфраструктури АТ «Укрзалізниця» за січень 2023 р., за якими по усій мережі залізниць було виявлено 254 гостродефектних місця.

Загалом по усій мережі залізниць мобільними засобами [4, 5] виявлено 35 гостродефектних місць, що складає 14% від загальної кількості виявлених гостродефектних рейок. З виявлених 202 гостродефектних місць, проведено 37 контрольних зламів, що складає 18% від загальної кількості виявлених гостродефектних місць, що підлягають проведенню контрольних зламів. З виявлених мобільними засобами 28 гостродефектних місць, проведено 17 контрольних зламів, що складає 61% від загальної кількості виявлених вагоном-дефектоскопом. При проведенні моніторингу карток контрольних зламів гостродефектних рейок [6] по залізницях виявлено, що в середньому по залізницях невірно визначений код складає 8%, зауваження щодо В-скану 21%, зауваження щодо наданої форми 19%, зауваження щодо якості наданого фото

4%. При проведенні аналізу контрольних зламів рейок виявлено що невідповідність карток зламів складає 53%, що свідчить про низьку підготовку працівників рейкової дефектоскопії та відсутність контролю і моніторингу з боку відділів рейкової дефектоскопії регіональних центрів діагностики колії.

На фоні загальної мережі Укрзалізниці на коліях регіональної філії «Південно-Західна залізниця» січень 2023 р. мобільними засобами виявлено 10 гостродефектних місць, що складає 15 % від загальної кількості виявлених гостродефектних рейок.

З виявлених цьому ж місяці 69 гостродефектних місць проведено 17 контрольних зламів рейок, що складає 29% від загальної кількості виявлених гостродефектних місць, що підлягають проведенню контрольних зламів, а саме:

- знімними засобами дефектоскопних візків виявлено 50 гостродефектних місць, проведено 7 контрольних зламів рейок, що складає 14% від загальної кількості виявлених гостродефектних місць дефектоскоп ними візками, 1 з яких підтверджена як дефектна (14%);

- мобільними засобами вагонів-дефектоскопів виявлено 9 гостродефектних місць, проведено 10 контрольних зламів рейок, що складає 100% від загальної кількості виявлених гостродефектних місць вагонами-дефектоскопами, 3 з яких підтверджені як дефектні (30%).

При проведенні моніторингу карток контрольних зламів гостродефектних рейок виявлено наступні зауваження: невірно визначений код складає 35%, зауваження щодо В-скану 6%, зауваження щодо наданої форми 6%, щодо якості наданого фото 12%.

Дефектоскопами з реєстраторами виявлено 66 гостродефектних місць, на сервер УЗ викладено 64 скріншотів (97%). При проведенні моніторингу викладених скріншотів виявлено 64 (100%) зауважень, а саме:

- зауваження щодо не вірно визначеного коду дефекту 10 шт. (16%);
- зауваження щодо надання скріншотів з неповним В-сканом 1 шт. (2%);
- зауваження щодо часу виявлення гостродефектних рейок яке не відповідає часу видачі попередження 2 шт. (3%);

- зауваження щодо невідповідності вимогам [5] по якості налаштування умовної чутливості 6 шт. (9%);

- зауваження щодо порушення вимог [5], перевищення швидкості виконання суцільного контролю 9 шт. (14%);

- інші зауваження щодо надання щоденної звітності в порушенні [7] (своєчасність, достовірність і повнота інформації, яка передається на сервер Укрзалізниці) 36 шт. (56%).

Проведено моніторинг якості запису 42 дефектограм знімних засобів рейкової дефектоскопії з реєстраторами, виявлено зауваження по 33 дефектограмі, що склало 79%, з них:

- в порушення вимог п. 12.3 [5] у разі появи звукового сигналу в будь якому з каналів не проводиться ретельний аналіз можливих причин його появи – виявлено по 9 дефектограмам, 21% від загальної кількості перевірених дефектограм;

- в порушення вимог п. 11.4 [5] операторами дефектоскопних візків порушується швидкісний режим виконання перевірки рейок (суцільний контроль - 4 км/год., болтові стики та елементи стрілочних переводів – 2 км/год.) – виявлено по 25 дефектограмам, 60% від загальної кількості перевірених дефектограм);

- низька якість запису каналів дефектоскопів – виявлено по 7 дефектограмам, 17% від загальної кількості перевірених дефектограм;

- в порушення технології контролю рейок в зоні стику з болтовими отворами;

- виявлено по 3 дефектограмам, 7% від загальної кількості перевірених дефектограм;

- в порушення вимог п. 11.5 [5] не забезпечується стабільний акустичний контакт – виявлено по 8 дефектограмам, 19% від загальної кількості перевірених дефектограм;

- в порушення вимог п. 11.5 [5] не вносяться необхідні службові позначки – виявлено по 10 дефектограмам, 24% від загальної кількості перевірених дефектограм.

Для спостереження більш повної картини на рис. 1 наведено кількість виявлених гостродефектних місць засобами рейкової дефектоскопії на Південно-Західній залізниці за січень 2022-2023 р.р.

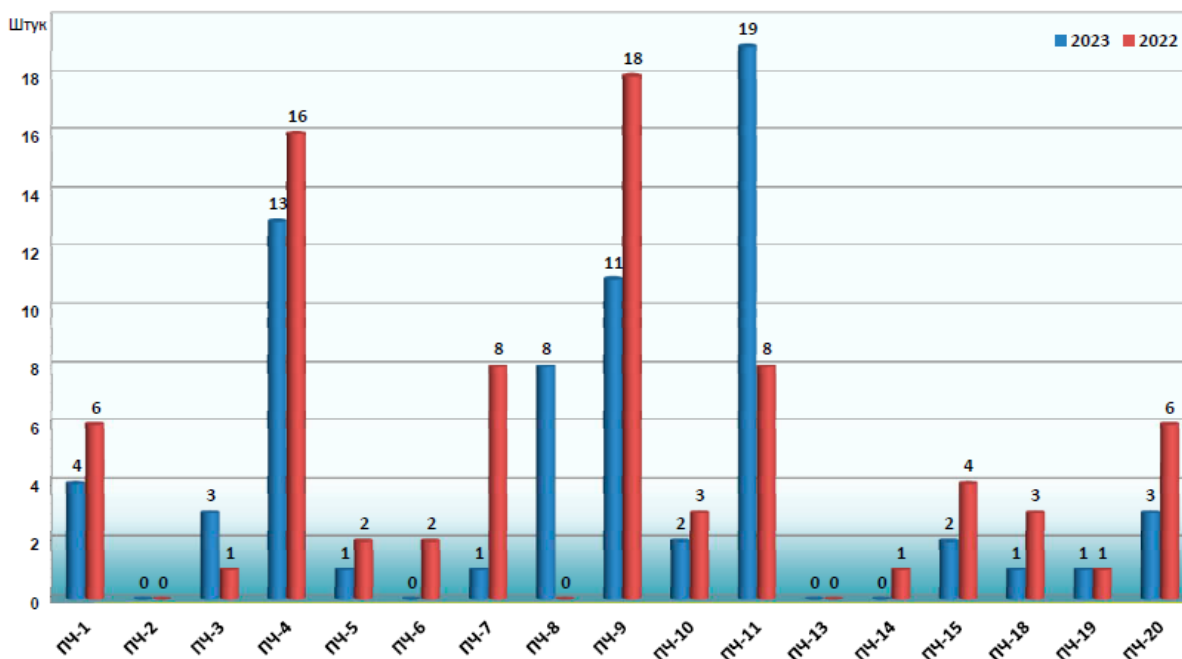


Рисунок 1 – Виявлені гостродефектні місця засобами рейкової дефектоскопії за січень 2022-2023 р.р. на Південно-Західній залізниці

Також для забезпечення нормального функціонування системи роботи засобів рейкової дефектоскопії потрібні кваліфіковані працівники, однак штат працівників укомплектований лише на 75%. Так по Південно-Західній залізниці для укомплектованості дільниці рейкової дефектоскопії не вистачає низки фахівців: налагоджувальників – 5 чол., операторів з розшифровування дефектограм – 4 чол., операторів дефектоскопного візка – 119 чол. Подібна ситуація спостерігається протягом останніх років й на інших залізницях і набуває загрозливих масштабів.

Висновок. Загалом проведений аналіз свідчить про низьку підготовку працівників дільниць рейкової дефектоскопії, послаблення контролю з боку керівництва дистанцій колій і відділу рейкової дефектоскопії та не якісного проведення моніторингу відділом рейкової дефектоскопії.

Також потрібно розробити програму для зацікавлення, залучення й підготовки кваліфікованих фахівців та доукомплектації дільниць дефектоскопії. На деяких ділянках потрібно вживати заходи зі зменшення дефектних місць в колії за кодами, які вирізняються відносно середньої статистики.

Л і т е р а т у р а

1. Карпов М.І., Йосифович Р.М. Засоби неруйнівного контролю рейок [Текст]: Навч. посібник. К.: ДЕТУТ, 2015. 172 с.
2. Aharkov, O., & Tverdomed, V. (2023). Comparative analysis of damages and defects in rails of different railway transport systems. *Transport Systems and Technologies*, (41), 46–53. <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-41-4>.

3. Положення про систему організації роботи, ремонту та обслуговування засобів дефектоскопії в колійному господарстві [Текст]: ЦП/0264. К.: «НВП Поліграфсервіс», 2012. 88 с.

4. Положення про організацію роботи вагонів-дефектоскопів, автомотрис дефектоскопних та дефектоскопів на комбінованому ході [Текст]: ЦП/0263. К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. 76 с.

5. Правила неруйнівного контролю рейок знімними дефектоскопами суцільного контролю [Текст]: ЦП/0167. К.: «НВП Поліграфсервіс», 2006. 46 с.

6. Класифікація та каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів залізниць України [Текст]: ЦП-0284; Класифікація та каталог дефектів і пошкоджень рейок залізниць України [Текст]: ЦП-0285. К.: Видавництво ТОВ «Інпрес», 2013. 196 с.

7. Інструкція з забезпечення безпеки руху при виконанні колійних робіт [Текст]: ЦП-0274. Дніпропетровськ: «Арт-Прес», 2012.

ЦИКЛІЧНА МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРСОНАЛУ В РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

***Каліна І.І.** – д.е.н., проф., kalinargz@gmail.com
Міжрегіональна Академія управління персоналом
Шуляр Н.М. – к.е.н., ст. викладач, Shulyarnm@gmail.com
Національний авіаційний університет
Україна, м.Київ*

CYCLIC MODEL OF PERSONNEL QUALITY ASSURANCE IN THE IMPLEMENTATION OF THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISE STRATEGY

***Kalina Iryna** – Dr.Sc. (Econ), Professor, kalinargz@gmail.com
Interregional Academy of Personnel Management
Shulyar Natalia – Ph. D. (Econ), Senior Lecturer, Shulyarnm@gmail.com
National Aviation University
Kyiv, Ukraine*

Abstract. *In today's dangerous conditions of business introduction, the efficiency of machine-building enterprises depends on system quality assurance of personnel. This system depends on the construction and implementation of the staff quality assurance mechanism, which is implemented through the cyclic model of staff quality assurance in the implementation of the strategy of the engineering enterprise. The cyclical model takes into account the internal factors of the machine-building enterprise, the incentives that encourage work activity, the needs that can be satisfied with the help of labor activity and the adjustment of the chosen strategy of the machine-building enterprise. That is, the cyclical model is a balance between the implementation of the mechanism and its regulation.*

Keywords: *mechanism, cyclical model, provision, quality of staff, strategy.*

Актуальність дослідження. Дослідження, проведені згідно з традиційними методиками та з використанням сучасних інтелектуальних інформаційних технологій (експертних систем), довели наявність суттєвого впливу мотивації праці управлінського персоналу на її результативність, а опосередковано через неї і на процес формування як загальної стратегії підприємства, так і функціональної стратегії управління персоналом. Таким чином, система мотивацій лежить в основі багатьох процесів, пов'язаних з управлінням трудовою діяльністю підприємств.

Метою роботи є обґрунтування циклічної моделі забезпечення якості персоналу в реалізації стратегії машинобудівного підприємства.

Досягнення стійкого стану підприємства в умовах економічної невизначеності, що характеризується динамізмом і адаптацією багатьох її параметрів, вимагає вирішення складних завдань. Найголовнішим з цих завдань, на наш погляд, є розробка і застосування адекватного умовам ринку механізму забезпечення якості персоналу. Кількісна і якісна характеристика трудових ресурсів, які використовує машинобудівне підприємство, здатність адекватно реагувати на швидко мінливу ситуацію на ринку визначають ефективність роботи персоналу, що, у кінцевому результаті, лежить в основі всіх стратегічних рішень, прийнятих на підприємстві.

Про незаперечний зв'язок системи мотивації та результативності праці свідчать наступні факти. Будь-яка діяльність, у нашому випадку трудова, має своїм підґрунтям певну мотивацію як причинно-наслідковий зв'язок між потребами, які людина може задовольнити за допомогою своєї праці, і діями по задоволенню цих потреб, тобто самою працею. Як правило, підсумком мотиваційного процесу є дії, у нашому випадку трудові дії, що мають визначений результат, до якого повинний прагнути працівник у процесі виконання посадових обов'язків. Хоча мотивація до праці й є лише однією з складових цілого комплексу умов виконання людиною трудових дій [1].

Серед факторів, що впливають на результативність управлінської праці, більшість учених відзначає трудову мотивацію працівників і систему спонукання до високоефективної праці (стимулювання) в організації. Фундаментальні наукові дослідження показали, що висока результативність управлінської праці породжує посилення мотивації до праці (модель Портера-Лоулера, теорія очікувань, когнітивні балансові теорії тощо). Також експериментально визначено, що найбільша результативність діяльності досягається при середній силі трудової мотивації, а також при найбільшій цінності одержуваної за працю винагороди. На підставі вивченого теоретичного і практичного матеріалу сформульовано концепцію системного механізму

забезпечення якості персоналу машинобудівних підприємств який представляє сукупність закономірних зв'язків і відносин, послідовність стану елементарних стадій процесу трудової мотивації, що, з одного боку, відбивають перехід від актуалізованих трудових потреб (бажань, інтересів, мотивів) працівника, реалізованих за допомогою цілеспрямованої праці, безпосередньо до управлінської праці, що дає певний результат, з іншого боку - включають застосування цілеспрямованих зовнішньорганізованих впливів, які активізують трудові зусилля працівників, і оцінку ефективності для підприємства цих мір шляхом: моделювання, проектування, опису і впровадження комплексу відповідних заходів, що враховують перевагу тієї чи іншої стійкої групи мотивів в структурі трудової мотивації конкретної групи персоналу; створення умов та вироблення системи спонукання до праці, у рамках яких результативна трудова діяльність персоналу перетворюється в необхідну умову задоволення важливих, соціально обумовлених потреб працівника і формування в нього стійкої позитивної мотивації до праці.

При цьому механізм забезпечення якості персоналу машинобудівного підприємства розглядається в двох аспектах:

✓ як внутрішній устрій процесу спонукання працівника до праці, що припускає вивчення й узагальнення індивідуальних, внутрішньо-особистісних особливостей окремих працівників з метою визначення загальних напрямків у трудовій мотивації управлінського персоналу з урахуванням специфіки його праці;

✓ як сукупність і послідовність стану елементарних стадій мотивації праці персоналу підприємства – етапів впливу, структуру потреб і силу мотивів. Цей вплив сприяє росту інтенсивності трудових зусиль працівника, збільшенню зацікавленості у своїй роботі, і доданню їй (роботі) чіткої орієнтації на досягнення фіксованих цілей. Обидва аспекти не суперечать один одному.

Основні етапи функціонування механізму забезпечення якості персоналу машинобудівних підприємств включають рівнобіжний розвиток двох напрямків [2]:

1) потреби працівника – мотиви – мотивація – індивідуальна праця – індивідуальний результат праці – результат задоволення потреб (ступінь);

2) цілі і задачі організації – набір благ, необхідний для спонукання працівників до ефективної праці – організована трудова діяльність колективу – результат колективної діяльності – досягнення цілей організації (ступінь).

Послідовність цих етапів полягає в тому, що до моменту так званих відносин мотивів працівників і стимулів праці етапи, що випереджають її, розвиваються паралельно і, у деяких випадках, навіть незалежно один від одного. Але після цих відносин, у випадку, якщо виникає взаємодія, розвиток етапів відбувається одночасно – індивідуальні трудові зусилля працівників

поєднуються в колективні [3]. І надалі відбувається інтеграція приватних результатів праці кожного працівника в єдиний загальний результат. Але вже на етапі оцінки цих результатів знову відбувається роздвоєння – результат праці розглядається кожним працівником на предмет задоволення його потреб і розглядається всім колективом на предмет відповідності поставленим цілям діяльності і їхніх досягнень. Інтерпретація підсумкової інформації на останньому етапі – теж різна: при тому ж загальному результаті праці ступінь задоволення потреб працівника і ступінь досягнення цілей діяльності відповідного підприємства може бути (і звичайно буває) різною.

Зв'язки, що виникають у механізмі забезпечення якості між етапами, в основному мають односторонній, поступальний характер, тобто рух від етапу до етапу не припускає повернення від наступного до попереднього. Виняток складає останній етап – інтерпретація результатів праці на предмет задоволення потреб працівників і на предмет досягнення цілей організації. На цьому етапі відбувається циклічне повернення у вихідний етап, порівняння результату з заданими параметрами – цілями організації і потребами працівника – і їхнє коректування для наступного витка «петлі якості». Цикл розвитку кожного витка петлі адекватний до величини звітного періоду (місяць, квартал, рік) чи до заданого терміну виконання визначених робіт (у проектних групах) [4].

Узагальнюючи вищесказане, розроблена «циклічна модель», що відбиває механізм забезпечення якості управлінського персоналу машинобудівних підприємств (рис. 1).



Рис. 1 – Циклічна модель забезпечення якості персоналу в реалізації стратегії машинобудівного підприємства [Розроблено автором]

Розроблена в дослідженні модель:

- ✓ є результатом аналізу автором теоретичних питань, що визначають основу забезпечення якості персоналу машинобудівних підприємств;
- ✓ враховує особливості обґрунтованого автором у ході дослідження суб'єктно-об'єктного положення персоналу в процесі якісної трудової діяльності;
- ✓ дозволяє сформулювати об'єктивні, а виходить, такі, що спостерігаються, елементи процесу забезпечення якості даної категорії персоналу;
- ✓ дозволяє зробити порівняння дійсного і «ідеального» механізмів забезпечення якості персоналу за основними критеріями, виявити розбіжність і скласти рекомендації щодо формування нового, більш досконалого механізму

Висновок. В результаті проведеного дослідження видно, що удосконалювання механізму забезпечення якості мотивації управлінських працівників припускає створення таких умов, вироблення такої системи спонукання до праці, у рамках яких результативна трудова діяльність персоналу, що дає певні, заздалегідь задані результати, перетворюється в необхідну умову задоволення важливих, соціально обумовлених потреб працівника і формування в нього стійкої позитивної мотивації до праці. Найбільш доцільним підходом до регулювання структури якісної діяльності персоналу представляється максимально можливе дроблення стимулюючих заходів відповідно до потреб кожної групи персоналу. Тобто, чим вище рівень працівника в загальній управлінській ієрархії, чим у більшому ступені його праця впливає на результати усієї операційної діяльності машинобудівного підприємства, тим більше індивідуальним і диференційованим повинний бути «набір стимулів», що дозволяють погодити бажаний і можливий стан трудової мотивації.

Л і т е р а т у р а

1. Шуляр Н.М. Якість персоналу як фактор забезпечення авіаційної безпеки авіатранспортних підприємств. Вчені записки Університету «Крок»: Серія: економіка. 36. наук. пр. К. 2013. Вип. 33. С. 236-242.
2. Melnyk B. Koval M. The organizational and economic mechanism of human resources management as a way to increase the competitiveness of an agricultural enterprise. Economics, finance and management review. No 2 (2021)
3. Каліна І.І., Шуляр Н.М. Особливості розвитку бізнес–середовища малого підприємництва в Україні в період пандемії COVID-2019 . Вчені записки Університету КРОК.– К.: КРОК. – 2022. – Вип. 3(67). – С. 18-25. DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-67>
4. Bielialov, T., Kalina, I., Goi, V., Kravchenko, O., & Shyshpanova, N. (2023). Global Experience of Digitalization of Economic Processes in the Context of Transformation. International Journal of Professional Business Review, 8(6), e02041. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i6.2041>

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Курепін В.М. – канд.екон.наук, *kypins@ukr.net*
Миколаївський національний аграрний університет
Україна, м. Миколаїв

SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN THE TRANSPORT INDUSTRY

Kurepin V.M. – Candidate of Economic Sciences, *kypins@ukr.net*
Mykolaiv National Agrarian University
Ukraine, Mykolaiv

Abstract. *The process of managing transport safety risks should be continuous, systematic and comprehensive. It is a guided and purposeful approach to security that has goals, clear and timely planning, centered on a positive outcome. Fulfillment of duties in this process requires a culture of safety from the participants of transportation, both from professional carriers and from citizens themselves. There must be a transformation from a culture that tolerates human losses to one that expects and demands safety.*

Keywords: *security policy, risks, liability, carriers, relationships.*

Актуальність дослідження зумовлена прагненням дослідити реальний стан справ, шляхи впровадження політики безпеки, вплив зовнішніх та внутрішніх умов на культуру безпеки в робочому середовищі.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу організаційної діяльності щодо ставлення та поведінку співробітників транспортної галузі щодо безпеки.

Управління безпекою в такій галузі, як транспортна, повинна бути послідовної та інтегрованою в реальний стан виробничого середовища [1]. Вона знаходиться під впливом ринкової ситуації, державного нагляду та законодавства України (нормативно-правових актів з безпеки).

Основа належної та вимогливої галузевої системи управління безпекою заснована на припущенні існування факторів небезпеки та ризиків. Але поруч з таким твердженням є попереджувальні заходи за допомогою яких виявляються та вирішуються такі проблеми.

Суть системи управління безпекою для українських перевізників, забезпечення розвитку і покращення безпеки всіх видів транспорту в Україні [2], за рахунок правильно розставлених акцентів, отримання прибутку та якомога безпечніших умов праці. Шляхи досягнення системою безпеки позитивних результатів:

- підвищення відповідальності учасників транспортних перевезень [3];
- визначення загальних правил для управління та регулювання заходів безпекових заходів;

- зменшення кількості аварій та їх наслідків за рахунок безпечного перевезення пасажирів і вантажів;
- усунення факторів, які спричиняють небезпеки (нещасні випадки, травмування);
- мінімізації наслідків негативного впливу на навколишнє середовище.

Українське законодавство у транспортній галузі нажаль не усуває усіх безпекових проблем [4], а система управління безпекою виглядає, як парасолька яка дозволяє перевізникам тільки пристосуватися до вимог чинних норм, правил та стандартів.

Нажаль, травми та смерті в процесі трудової діяльності перевізників ще є значною загрозою суспільному життю, тому тема дорожньої безпеки в управлінні професійними ризиками є пріоритетною проблемою охорони праці в галузі. Щоб управляти безпекою та знизити ризики всі правові положення та чинні нормативні вимоги у галузі повинні включати вимоги упереджувального характеру, а підхід до управління ризиками повинен мати розуміння поточної робочої ситуації та ризику.

Крім того, повинно передбачатися взаємозв'язки між культурою безпеки, яка повинна бути частиною загальної культури у галузі, та робочим середовищем. Є пряма залежність від культури безпеки та ставлення й поведінку працівників щодо безпеки. Формальні правила та процедури повинні бути виключені ще на початковому рівні.

На допомогу менеджерам щодо впровадження структурованого та цілісного підходу до управління ризиками у законодавство України ратифіковано міжнародний стандарт ISO 39001:2012. Кожен перевізник має проаналізувати та оцінити ризики, визначити цілі та алгоритм дій, які зменшать кількість смертей і тяжких травм, пов'язаних із аваріями на виробництві [5]. Безпекові фактори умов перевезення включають: безпечні дороги, безпечні водії, безпечних користувачів дороги, заходи та алгоритми дій у надзвичайних транспортних подіях й надзвичайних ситуаціях.

Універсальність вимог стандарту ISO 39001 заключається в тому, що кількість транспортних засобів та кількість водії критично не впливає на управління безпекою підприємств у галузі перевезень. Таке відноситься і до публічних і приватних товариств, що мають відношення до перевезень.

Система управління безпекою у компаніях перевезень буде більш ефективною тільки під контролем державних установ. Безпека на дорогах є спільною відповідальністю усіх учасників процесу перевезень [6]. Системи управління безпекою руху різних видів транспорту повинні бути інтегровані в частину завершеної інтегрованої системи управління безпекою руху на транспорті взагалі.

Діяльність структурних органів, відповідальних за контроль та впровадження системи управління безпекою руху в транспортних компаніях, повинна мати такі елементи:

- установа на державному рівні, що буде координатором всіх інших установ в системі управління безпекою в галузі транспортних перевезень – координуючий елемент;

- інспекційний орган (певна служба з безпеки), який буде розробляти та впроваджувати стратегію планування, встановлювати пріоритети для нагляду, слідкувати виконання її заходів – сутнісний елемент;

- установи поза межами сфери перевезень з основними і допоміжними функціями (органи управління у кризових ситуаціях, установи медичного обслуговування, національна поліція, пожежна охорона тощо) – кооперативний елемент;

- приватні організації та установи (відправники та одержувачі, експедитори, підприємства, що здійснюють перевезення у власних цілях), які отримують дозволи та контролюються від органів безпеки – оперативний елемент.

У сфері безпеки дорожнього руху необхідним елементом системи управління безпекою є інструкція. Вона повинна демонструвати зобов'язання тих, хто керує та сприяє безпеці на транспорті; правила безпеки та інших вимог нормативно-правових актів; стратегічну мету реалізації безпекових заходів; встановити реально досяжні цільові показники безпеки тощо. Такі внутрішні нормативно-правові акти затверджуються на самому вищому галузевому рівні, своєчасно оновлюються та переглядаються [7]. Питання безпеки є важливою вимогою, тому до всіх учасників логістичної системи перевезень на всіх рівнях має бути доведено про вимоги.

Під стурбованість вищого керівництва сприянню безпеці повинно бути чітке та мотивуюче повідомлення про те, що небезпечних подій та пригод можна уникнути. На фоні загального зобов'язання всередині галузі щодо безпеки на транспорті, повинна бути зацікавленість інших учасників транспортних перевезень. Рівень такої зацікавленості має бути рівний або вище загальноприйнятого у цілому по галузі. Демонстрація такого рівня підкреслює важливість дотримання правил безпеки.

Стратегічна мета системи управління безпекою полягає в усуненні дорожньо-транспортних пригод, зменшення ризику виникнення небезпечних пригод, що призводять до смерті, серйозних травм або шкоди природному середовищу.

Якщо встановити цільові показники безпеки (осмислені та досяжні) за якими будуть вимірюватися досягнення кінцевої стратегічної мети перевізник зможе гарантувати безпеку на транспорті. Вони мають бути доступні та легко

зрозуміли як для компанії перевізника, так і для співробітників, водіїв, підрядників і замовників та іншим зацікавленим сторонам.

Висновок. Політика безпеки у транспортній галузі, це взаємовідносини всіх організаційних підрозділів об'єднаних однією ціллю - забезпечити безпеку на всіх рівнях кожного учасника любых перевезень. Охоплюючи мінливі умови сьогодення вона забезпечує безпеку у транспортній галузі. Вона є добровільною та визначає діючі правила безпеки, які виконуються.

Л і т е р а т у р а

1. Іваненко В. С., Курепін В. М. Управління професійними ризиками на вітчизняних підприємствах // Проблеми та перспективи розвитку охорони праці : матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів, м. Львів, 12 травня 2022 р. Львів : ЛДУ БЖД, 2022. С. 97-99. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11713>.

2. Єгіазарян А. С. Умови праці та фактори їх формування // Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності людини в сучасному суспільстві: матеріали Всеукраїнської науково-теоретичної інтернет-конференції, м. Миколаїв, 24 листопада 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 95-97. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10468>.

3. Іваненко В. С., Курепін В. М. Управління розвитком персоналу та його конкурентноспроможністю // Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності людини в сучасному суспільстві: матеріали Всеукраїнської науково-теоретичної інтернет-конференції, м. Миколаїв, 24 листопада 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 104-107. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10509>.

4. Іваненко В. М. Практичні аспекти адаптації законодавства ЕС у сфері безпеки і гігієни праці в Україні // Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу країни : матеріали 35-ої студ. наук.-теорет. конф., 22-24 березня 023 року, м. Миколаїв. Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 74-78. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13346>.

5. Пряслова Н. М. Працювати, не можна зупинятися: страхування бізнесу під час воєнного стану // Трансформація страхового ринку України в світлі сучасних економічних викликів : матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених, м. Миколаїв, 18-19 квітня 2023 р. Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 16-19. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13437>.

6. Іваненко В. С. Деякі методи оцінки професійних ризиків // Сучасні підходи до охорони праці в закладах професійної освіти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, Біла Церква, 26 жовтня 2022 р. Біла Церква : БІНПО ДЗВО «УМО» НАПН УКРАЇНИ, 2022. С. 55-59. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12472>.

7. Іваненко В. С., Бризгалов М. В. Розробка та впровадження інструкцій з охорони праці на підприємствах аграрного профілю // Інформаційно-психологічна та техногенна безпека: історичні аспекти, особливості захисту суспільства та особистості : тези доповідей за результатами тематичного «круглого столу», м. Миколаїв, 9 грудня 2022 р. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 20-23. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12067>.

ВАЖЛИВІСТЬ РОБОТИ АГЕНТА У ЛІНІЙНОМУ СУДНОПЛАВСТВІ

Куришина Ю.М. – бакалавр, kurshinajulia2004@gmail.com

Вільшанюк М.С. – ст. викл., maramaxig2406@gmail.com

Навчально-науковий інститут морського бізнесу

Одеський національний морський університет

Україна, м. Одеса

THE IMPORTANCE OF THE AGENT'S WORK IN LINER SHIPPING

Kurshyna Y.N. – bachelor, kurshinajulia2004@gmail.com

Vilshanyuk M.S. – Sen. Lecturer, maramaxig2406@gmail.com

Educational and Scientific Institute of Maritime Business

Odessa National Maritime University

Ukraine, Odesa

Abstract. *The paper analyzes which functions have line agents, how they work with different types of vessels and cargos. Describes which specific operations must to do agents in each case, how and which documents they can work with. In our days the shipping lines become more popular in shipping owners, thanks for this demand of the vessels agents are growing. It's due to they have a lot of responsibilities and not each specialist what do to all of this. Describe how they offer work for other specialists and in which situations the work together. Which work they do in the vessels and ports.*

Keywords: *line agent, transportation, vessels, cargos, ports.*

Актуальність роботи Морський агент здійснює свою діяльність відповідно до інтересів судновласника або іншого довірителя і звичайної практики морського агентування. У зв'язку активним розвитком лінійного судноплавства збільшується попит на морських лінійних агентів та значно розширив обов'язки лінійних агентів, що знайшло відображення у даній роботі.

Метою роботи є збільшення знань про особливості галузі морського агентування та особливості роботи лінійного агента.

Регулярність відправлень, дрібні партії, відсутність залежності від одного відправника вантажу, оформлення перевезень на підставі Booking note [2] і коносаментів, необхідність спостереження за парком обладнання дозволяють виділяти лінійне агентування як специфічну область при агентуванні морських суден.

На лінійного агента покладаються такі повноваження, як букирування вантажів на лініях, вирішення питань експедирування, претензії по вантажним партіям, ремонтні роботи контейнерів та інше [1]. Також лійними агентами призначаються і рекомендуються стивідори.

У портах з великим об'ємом вантажної роботи лінійні агенти часто приймають на себе транспортно-експедиторські операції з доставки вантажу

одержувачу або створюють свої транспортно-експедиторські, стивідорні, тальманської компанії з тим, щоб здійснювати комплексне транспортне обслуговування вантажовласників на лінії, звільняючи їх від турбот по організації перевезень.

Робота лінійних агентів також зв'язується з валютно-фінансовими операціями зі збору платежів за майбутні перевезення (інкасація фрахту) [4], переведення фрахтової виручки інланд-агентів на свій розрахунковий рахунок, оплатою супутніх послуг і зборів зі свого розрахункового рахунку з коштів свого принципала.

При перевезеннях генеральних вантажів в контейнерах перевізник покладає на лінійного агента комплекс функцій щодо документального оформлення передачі та повернення контейнерів від вантажовласників, контролю технічного стану контейнерів, їх зберігання на портових терміналах і контейнерних депо, організації технічного обслуговування, ремонту і зачистки контейнерів, включаючи фумігацію та дезінсекцію.

Лінійний перевізник забезпечує агента певною кількістю контейнерів, флетів, трейлерів, який, контролюючи рух цих засобів ULD, здійснює [3]:

- їх передачу в порожньому і навантаженому стані вантажовідправникам при доставці на умовах «від дверей до дверей» як в міжнародному, так і у внутрішньому сполученнях;

- укладення договорів з субагентами (експедитори, перевізники наземних видів транспорту), відповідаючи за доставку контейнерів, трейлерів між портами, на склади вантажовласників або в депо;

- здачу вантажів відповідно до коносаментів належному отримувачу з оформленням належних документів;

- взаєморозрахунки з вантажовласниками за користування засобами ULD, за затримки по їх поверненню;

- розшук зниклих контейнерів, трейлерів, флетів;

- страхування засобів ULD.

В роботі з контейнерами лінійний агент виконує функції оператора змішаного перевезення і навіть оператора загального розподілу в системі руху вантажів зі складу виробника до складу одержувача.

Агентування спеціалізованих лінійних суден має ряд особливостей, оскільки це дорогі судна з високою добовою вартістю утримання і ефективність їх експлуатації залежить перш за все від максимального скорочення часу їх перебування в порту. Як правило, час стоянки в порту ролкерів і контейнеровозів - одна доба (максимум - дві). Звичайні судна таких же розмірів витрачають на вантажні операції в порту в 5-6 разів більше часу [3].

Агент, який обслуговує спеціалізовані судна, повинен тим, не менше за цей короткий час здійснити весь комплекс робіт по обслуговуванню судна, вантажу і устаткування: організовувати контроль за вантажними роботами, включаючи тальманської обслуговування, оформити документи, інкасацію фрахту, зробити заявки на всі види постачання і простежити за його доставкою, замовити лоцмана, буксири. Все це вимагає високої професійної підготовки, чіткості і злагожденості в роботі.

Крім того, лінійні агенти спеціалізованого флоту виконують великий обсяг робіт з контролю і стеження за парком устаткування. Під їх контролем і на відповідальності знаходяться трейлери, ролл-трейлери, контейнери, які представляючи велику матеріальну цінність, бувають розкидані часто на великій території. Тому не випадково, що більшість лінійних операторів, які експлуатують контейнеровози і ролкери, вважають за краще мати в іноземних портах агентські компанії, що знаходяться під їх оперативним і фінансовим контролем [4].

Висновок. У наші дні робота лінійного агента є дуже важливою, тому цей напрямок активно розвивається та отримує все більший попит на спеціалістів. Предметом особливої уваги для лінійних агентів є правова, фінансова, соціальна і навіть політична ситуація не тільки в портах сервісу, але і в сусідніх регіонах; наявність технічних проектів удосконалення обслуговуються портів і терміналів; наявність регіональних і національних програм розвитку і інвестиційних проектів в галузі; наявність умов і ступінь ймовірності виникнення страйків, публічних заворушень та інших екстраординарних подій, які можуть впливати на нормальний перебіг операцій принципала; різновид і обсяги вантажопотоків конкурентів на паралельних напрямках; дані про найбільших імпортерів та експортерів з метою залучення вантажопотоків та інше.

Л і т е р а т у р а

1. «Нормативно-правове регулювання морського агентування в Україні», Кукшинова О.О., Кузьмінов О.Л.
2. FONASBA Standard Liner & General Agency Agreement / Documentation. 2007. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: <https://www.fonasba.com/wp-content> (дата звернення 16.10.2023)
3. Судник Н.В., Вільшанюк М.С. Комерційна експлуатація флоту та дослідження фрахтових ринків: навчальний посібник /Надія Судник, Марина Вільшанюк. Одеса: ОНМУ, 2022. 103 с.
4. Агентування суден. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: <https://ttgforward.ua/agentirovanie-sudov> (дата звернення 16.10.2023)
5. Стаття 116. Агентування суден. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. Режим доступу: <https://legalexpert.in.ua/komkodeks/ktm/103-ktm/6883-116.html> (дата звернення 18.10.2023) Назва з екрана.

ПЕРСПЕКТИВИ КОНТЕЙНЕРНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АГРОПРОДУКЦІЇ В УМОВАХ ВІЙНИ

Милостяк А.В. – магістрант, madarikandobito@gmail.com

Мироненко В.К. – д.т.н., професор, pupil7591@gmail.com

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

PROSPECTS OF CONTAINER RAIL TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF WAR

Mylostyak Andrii – master's student, madarikandobito@gmail.com

Myronenko Viktor – Doctor of Technical Science, professor, pupil7591@gmail.com

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The work analyzed the state of export-import transportation between Ukraine and Western Europe, provided suggestions for improving the quality of service for senders, increasing the throughput capacity of border crossing points (terminals), considered options for using intermodal and multimodal transportation in case of blocked sea routes.*

Keywords: *export, railway transport, war, container transportation, multimodal transportation, transport and forwarding companies.*

Актуальність теми. В умовах введення воєнного стану по всій території України, коли було розірвано більшість ланцюгів постачання, постраждала як внутрішня логістика, так і експортно-імпортні перевезення. При цьому попит на експорт агропродукції залишився, а подекуди й зріс, що змусило шукати та випробувати нові логістичні маршрути та способи перевезення.

З початку введення воєнного стану та в результаті бойових дій було заблоковано порти, а вивіз продукції зі складів та елеваторів став неможливий. Тому було ініційовано вивіз зерна через «західні» прикордонні переходи залізницею та автомобільним транспортом. Проте, до такого напливу не виявився готовим ніхто: швидкість обробки вантажів на переходах була критично недостатньою, в напрямку переходів утворилися черги з вагонів, термін доставки розтягнувся на місяці, що негативно вплинуло на якість зерна та призвело до дефіциту рухомого складу.

Частковому поліпшенню ситуації з осені 2022 року сприяло введення в дію «зернової угоди» та погодження Укрзалізницею перевезення зернових вантажів в неспеціалізованих вагонах при використанні особливих умов перевезення.

Однак, застосовані заходи не могли гарантувати тривалої безперебійної роботи і, як показав час, зернова угода була припинена, а використання неспеціалізованого рухомого складу дуже негативно впливало на якість товару.

Масовий потік дешевого українського зерна, що вивозився та осідав у країнах-сусідках призвів до значного невдоволення місцевих аграріїв (Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії). З метою захисту національного виробника країни-сусідки були вимушені ввести заборону імпорту українського зерна, і це майже зупинило вивіз зерна з літа 2023 року. Тому гостро постала проблема впровадження альтернативних технологій експортних перевезень зернових вантажів.

Мета дослідження. В роботі надаються пропозиції з організації експорту агропродукції в контейнерах з використанням принципу мультимодальності.

Виклад основного матеріалу. В умовах війни Україна продовжує налагоджувати експорт агропродукції, при цьому основними стабільними шляхами постачання варто вважати саме перевезення залізницею. Лише автомобільний транспорт не в змозі перевезти запланований об'єм експорту. При цьому його собівартість на середній та довгих плечах доставки найвища серед усіх видів транспорту, що є економічно не вигідними умовами.

Перевезення морським транспортом, що займало понад 90% експорту у довоєнний час, наразі знизилося до 8-15%, позаяк порти Миколаєва, Чорноморська та Одеси не функціонують через руйнування внаслідок обстрілів та морську блокаду агресора – російської федерації. Склади портів Ізмаїлу та Рені протягом літа-осені 2023 року також неодноразово піддавалися повітряним атакам з боку ворога, однак відвантаження не припиняються.

Актуальною та першочерговою задачею логістики має стає доставка зерна від українських елеваторів до європейських морських портів з максимальною контейнеризацією процесу перевезення, щоб можна було відійти від перевантаження на території суміжних країн, а з часом і взагалі позбутися цього етапу.

Для досягнення поставленої мети пропонується:

- стимулювати український ринок до збільшення контейнеризації перевезень (держзамовлення або дотації приватним підприємствам на будівництво та оновлення контейнерів);
- розбудувати транспортну інфраструктуру в напрямку Заходу, а саме будівництво нових та переоснащення існуючих перевантажувальних контейнерних терміналів на кордоні з Європою;
- на рівні держави провести ратифікацію міжнародних нормативно-правових актів в сфері транспорту та створити відповідну нормативно-правову базу;

- доопрацювати інформаційну систему для введення електронного єдиного перевізного документу (наприклад, на базі АСК ВП УЗ-Є в інтерфейсі користувача АС-Клієнт, для перевезень, учасником яких буде залізниця).

Україна багато років продовжує нарощувати відсоток контейнеризації перевезень, адже цього вимагає світовий логістичний ринок. Статистика перевезень контейнерів залізницею показує повільне, але стабільне зростання.

Так у 2018 році залізницею було перевезено 336 тис. TEU (1,5% від загальних обсягів перевезень вантажів залізницею). У 2019 році – 384 тис. TEU (1,7% від загальних обсягів перевезень вантажів залізницею). У 2020 та 2021р. – приблизно по 410 та 425 тис. TEU (2% від загальних обсягів) [1,2,3].

До 2022 року основним місцем обігу контейнерів були морські порти й лише незначна частина перевозилася залізничним транспортом (в основному регулярними контейнерними поїздами) та поодинокими автомобільними відправками.

Для ефективної контейнеризації перевезень потрібна відповідна інфраструктура, а саме: елеватори-відправники мають освоїти технологію завантаження контейнерів, організовувати вантажні точки для завантаження контейнерів, які вже встановлено на вагони/автомобілі й будувати логістику без складування тари на території елеваторів [4]; будівництво (або реконструкція) контейнерних терміналів, що візьмуть на себе роль перевантажувальних хабів – будуть з'єднувати між собою елеватори-відправники з портами та залізницями-сусідками [4]. Основні напрямки: Польща (примикання до Ізов, Яготин, Мостиська-2); Румунія (Вадул-Сірет, Дьяково); Словаччина (Чоп, Ужгород).

В умовах ведення війни та вагомого дефіциту державного бюджету, доцільно створювати такі термінали за рахунок приватних логістичних та експедиторських компаній, які закріпилися на українському ринку та зацікавлені в подальшій ефективній роботі. З боку держави необхідно створити відповідні програми побудови та розвитку. Влітку 2022 ТОВ «Левада-Карго» запустила свій контейнерний термінал «Мостиська», а ТОВ «Кернел» працює над будівництвом свого мультимодального терміналу на базі річкового порту Рені.

Елеватори повинні мати змогу відправляти контейнери на термінали як залізничним так і автомобільним транспортом, орієнтуючись на їх територіальну віддаленість та зважаючи на наявність того чи іншого рухомого складу, тому що саме ці дві складові формують вартість такого перевезення в цілому.

Необхідно розглянути можливість оформлення вантажу за мультимодальним перевізним документом напрямку з елеватора (де було здійснено навантаження контейнера) з подальшим накопиченням на терміналі й відправкою його у складі європоїзда. Експедиторська компанія, яка організовує відправлення з елеватора, має заключити договір з мультимодальним

терміналом, вказавши при оформленні перевізного документа, його, як пункт перевалки, накопичення та формування вантажу [5,6].

Обов'язки оператора перевезення: скласти та погодити з усіма учасниками маршрут перевезення; прийняти на себе обов'язки з доставки вантажу та нести їх перед замовником на всьому шляху прямування; розраховуватися з усіма учасниками процесу перевезення, використовуючи для операційної роботи свої кошти чи кошти замовника; здійснювати логістичний контроль за контейнерами впродовж всього маршруту перевезення; контролювати повернення порожніх контейнерів/вагонів та здійснювати їх розподіл між власниками, згідно з наданими інструкціями [5,6].

Висновок. Підвищення частки контейнеризації разом з запровадженням мультимодальних перевезень прогнозовано має збільшити швидкість доставки вантажів, зменшивши час знаходження контейнерів на території терміналу (порту) для виконання операцій сертифікації, митного декларування, огляду – оскільки всі ці операції, використовуючи запропонований підхід, можливо здійснювати безпосередньо на елеваторах.

Значну увагу слід, також, приділити автоматизації документообігу. Затверджену державою форму єдиного перевізного документа пропонується впровадити на базі існуючої автоматизованої бази Укрзалізниці, в якості супровідного документа до базової залізничної накладної або як окремий документ. Матиме сенс організувати обмін електронними перевізними документами з автоматизованими системами портів, складів та терміналів. Мінімізація повторного формування документів на паперових носіях дозволить уникнути помилок при створенні документів, створити єдиний архів даних та пришвидшити процес прийняття вантажу до перевезення.

Л і т е р а т у р а

1. Контейнерні перевезення залізницею упродовж 9 місяців зросли на 10,2%. *RAIL.insider*. URL: <https://railinsider.com.ua/kontejnerni-perevezennya-zaliznyczeyu/> (дата звернення 24.10.2023).
2. У 2019 перевезення контейнерів Укрзалізницею зросло на 14,64 %. *RAIL.insider*. URL: <https://www.railinsider.com.ua/v-2019-perevezennya-kontejneriv-ukrzaliznyczeyu-zroslo-na-1464/> (дата звернення 24.10.2023).
3. У 2020 році контейнерні перевезення територією України зросли майже на 11%. *RAIL.insider*. URL: <https://www.railinsider.com.ua/v-2020-roczki-kontejnerni-perevezennya-terytoriyeyu-ukrayiny-zrosly-majzhe-na-11/> (дата звернення 24.10.2023).
4. Вернигора Р.В., Огороков А.М., Цупров П.С., Рустамов Р.Ш. (2018). Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*, (16), 22-30.
5. Про мультимодальні перевезення: Закон України від 17.11.2021. Документ № 1887-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20> (дата звернення 16.10.2023).

6. Давидова І.В., Журило С.С. (2022). Договір мультимодального перевезення як нова перспектива розвитку сфери перевезень та економіки України. Юридичний науковий електронний журнал, (9), 143-145.

СПОСОБИ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАЯТНИКОВИХ МІГРАЦІЙ ГРОМАДЯН

Новицький Б.О. – аспірант, highlinewot@gmail.com
Красноштан О.М. – к.т.н., доцент, olexander.krasnoshtan@gmail.com
Національний Транспортний Університет
Україна, м. Київ

METHODS OF CREATING EFFECTIVE TRANSPORT PROVIDENCE FOR CITIZENS' PERSONAL MIGRATION

Novytskyi B.O. – Postgraduate student, highlinewot@gmail.com
Krasnoshtan O.M. – PhD, Docent, olexander.krasnoshtan@gmail.com
National Transport University
Ukraine, Kyiv

Abstract. *In the conditions of the post-war reconstruction of the regions, it is of leading importance transport provision of high mobility of the population. There is mobility the basis for the emergence of economic ties in the region. The leading place in this public transport should be provided. Branched and developed infrastructure allows to consider two types of transport in such a role — road and railway. Given the combination of advantages and disadvantages of each of them, such a transport system of the region will be effective, in which high-mobility automobile transport will pick up passengers to railway platforms, and railway transport to transport large volumes passengers between large cities and suburbs.*

Keywords: *transport, public transport, railway, suburban operations, bus operations.*

Актуальність дослідження зумовлена невідкладною необхідністю у інтенсивному відновленню та розвитку регіонів, які постраждали внаслідок бойових дій.

Метою роботи є обґрунтування необхідності та визначення шляхів розвитку приміського транспорту як основи мобільності населення в умовах повоєнної відбудови регіонів.

Внаслідок бойових дій регіони на сході, півдні та півночі України зазнали значних втрат. Значна кількість населення змушена була виїхати до західних областей України або за кордон. Так, за даними за даними Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М. Птухи НАН України [1] з 24 лютого 2022 р. по 20 лютого 2023 р. кількість громадян України, що перебувають за кордоном,

збільшилася на 1 млн 830 тис. осіб. Зазнали руйнувань і населені пункти, зокрема житлові будинки, об'єкти промисловості та цивільної інфраструктури.

Вільне переміщення країною є одним із базових прав громадян, що закріплені Конституцією України. Одним з основних видів перевезень пасажирів для економіки відповідних регіонів є маятникові міграції. Маятиковою міграцією називають щоденні або щотижневі поїздки від місць проживання до місць роботи (і назад), що розмішені в різних населених пунктах [2].

Можливість здійснювати маятникові міграції дозволяє громадянам гнучко обирати місце роботи (навчання) та місце проживання. Також слід враховувати, що складна економічна ситуація в країні змушує значну кількість людей обирати для проживання більш доступне за ціною політикою житло у передмісті. Це призводить до значного зростання агломерації великих міст.

Разом з тим основні точки прикладання праці (іншими словами — концентрація робочих місць) знаходяться якраз у мегаполісі. З поступовим відновленням об'єктів промисловості та зростанням обсягів промислового виробництва і, відповідно, кількості працівників, які необхідні для підтримки такого зростання, виникне потреба у забезпеченні масових трудових міграцій

Використання громадського автомобільного транспорту для їх забезпечення має як свої переваги, так і недоліки. До переваг відносять:

1. Мобільність. Можливість гнучко змінювати маршрут прямування із використанням широко розвиненої вулично-дорожньої мережі.

2. Гнучкість. Місткість автобуса середнього класу відносно невелика як для забезпечення повноцінної трудової міграції невеликого міста, що вимагає використовувати значну кількість одиниць рухомого складу. Це дозволяє гнучко реагувати на зміни попиту, керуючи випуском одиниць на лінію.

До недоліків відносять:

1. Неекологічність. Автобуси використовують двигуни внутрішнього згоряння, які викидають значну кількість шкідливих речовин в атмосферу.

2. Низька пасажиромісткість (у порівнянні з залізничним транспортом).

3. Низька надійність. Залежність від погодних умов, заторів, тощо.

4. Складність дотримання чіткого графіку руху. Причини (п. 3) не дозволяють громадянам здійснювати чітке планування поїздок у часі.

5. Відносно низький рівень локалізації. Більшість автобусів, які задіяні у наш час у приміському сполученні, є імпорними. Більше ніж 4/5 обсягів вуглеводневих палив також закуповується з-за кордону [3, 4].

Все це свідчить про необхідність розгляду альтернативних видів транспорту для забезпечення маятникових міграцій відновлюваних регіонів. Одним з таких є транспорт залізничний. Східні та південні регіони мають значний розмір залізничної мережі, що історично сформувалась через їх промислову

спеціалізацію. У східних регіонах значна частина колій є електрифікованою, що є вигідним підґрунтям для розвитку там приміських пасажирських перевезень за допомогою електропоїздів.

Переваги:

1. Місткість одного вагона електропоїзда становить 100 сидячих пасажирів, в той час як у типового приміського автобуса 18...33. Електропоїди дозволяють формувати склади довжиною від 4 до 12 вагонів.

2. Незалежність від погодних умов та трафіку.

3. Рух за чітким графіком.

4. Локалізація. Для руху використовується вітчизняна електроенергія, капітальний ремонт з продовженням терміну служби та виробництво запчастин повністю забезпечується місцевими засобами.

5. Екологічність.

Недоліки:

1. Порівняно менша частота руху, ніж в автомобільного транспорту.

2. Значно нижча мобільність. Залежність від електрифікованих колій.

3. Менші можливості щодо гнучкого реагування на зміни попиту.

Враховуючи дані особливості обох видів транспорту доцільним є поєднання їх найкращих якостей задля побудови якісної та ефективної транспортної системи у постраждалих регіонах. Практично це можливо за рахунок використання автомобільного транспорту для підвозу жителів малих міст до залізничних платформ; а електропоїзди — для перевезення великої кількості пасажирів на більші відстані.

Висновок. Приміський транспорт займає провідне положення в забезпеченні маятникової мобільності населення регіону. В умовах повоєнної відбудови регіонів на сході, півдні та півночі України, за наявності розвинутої мережі залізничних шляхів та автодоріг, найбільш ефективним буде поєднання автомобільного та залізничного видів транспорту для повноцінного забезпечення транспортом маятникових міграцій населення.

Л і т е р а т у р а

1. Інтерв'ю з Еллою. Лібановою. Суспільне Новини: веб-сайт. URL: <https://suspilne.media/396044-pidtverdzena-ocinki-pro-8-miljoniv-bizenciv-z-ukraini-nemae-direktorka-institutu-demografii/>

2. Ровенчак О. Визначення та класифікації міграцій: наближення до операційних понять. Політичний менеджмент. №2. 2006. С. 130.

3. Як змінювалися обсяги видобутку нафти в Україні. Слово і Діло: веб-сайт. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/10/11/infografika/ekonomika/yak-zminyuvalysya-obsyahu-vydobutku-nafty-ukrayini>

4. Україна витратила на імпорт нафтопродуктів з початку року \$3,3 мільярда. Бізнес Цензор: веб-сайт. URL: https://biz.censor.net/n3354413https://biz.censor.net/news/3354413/ukrayina_vytratyla_na_import_naftoproduktiv_z_pochatku_roku_33_milyarda_mytynytsya

АНАЛІТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ВИМОГ ГАРМОНІЗОВАНИХ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ВІБРАЦІЇ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ МАШИНІСТА

Семко Ж.О. – старший науковий співробітник, shaganne@gmail.com

*Державне підприємство «Український науково-дослідний
інститут вагонобудування»*

Україна, Кременчук

ANALYTICAL COMPARISON OF HARMONIZED EUROPEAN STANDARDS REQUIREMENTS TO VIBRATION ASSESSMENT AT THE DRIVER'S WORKPLACE

Semko Zh.O. – Senior Research Scientist, shaganne@gmail.com

*State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
Ukraine, Kremenchuk*

Abstract. *Signing of the Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their member states, on the other hand (hereinafter referred to as the Agreement) defines the introduction of high-speed rail transport system in Ukraine with the implementation of a number of European Union regulations (directives, regulations and decisions), relating in particular to ensuring interoperability (or operational compatibility) of rolling stock and railway transport infrastructure. To fulfill its obligations under this Agreement, Ukraine must implement the relevant harmonized European standards along with the cancellation of national ones adopted before 1992. Thereupon there are a number of significant challenges and urgent issues that need to be solved using analytical comparisons of standardized requirements.*

Keywords: *standardized requirements, national and harmonized European standards, vibration at the driver's workplace.*

Актуальність дослідження зумовленатруднощами, що виникли при здійсненні атестації робочого місця машиніста локомотива, які були пов'язані із скасуванням нормативних документів (національних стандартів), прийнятих до 1992 року та наданням чинності національним стандартам, гармонізованим з європейськими.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу вимог, що висувуються гармонізованими європейськими стандартами стосовно оцінювання вібрації та її шкідливого впливу на здоров'я людини на робочому місці машиніста локомотива.

У зв'язку із скасуванням в Україні великої кількості національних стандартів, прийнятих до 1992 року, вітчизняні підприємства, які провадять діяльність із виробництва продукції для залізничного транспорту, залишилися без нормативної бази, що поставило підприємства перед фактом заміни не чинних національних стандартів на гармонізовані європейські.

В цьому сенсі існують достатньо серйозні проблеми, які пов'язані з відсутністю інформації щодо заміни певних національних стандартів на гармонізовані європейські. Об'єктивну та достовірну інформацію можна отримати лише шляхом ретельного вивчення європейських стандартів та проведення, для визначення доцільності їхнього застосування, аналітичного порівняння викладених в них вимог із вимогами скасованих національних стандартів.

З такими ж проблемами стикаються і організації, що здійснюють оцінку відповідності залізничної продукції шляхом сертифікації або проведення відповідних видів випробувань, а також атестацію робочих місць на залізничному транспорті з метою встановлення відповідності реальних умов праці встановленим стандартизованим вимогам.

Зокрема, під час атестації робочого місця машиніста залізничного транспортного засобу виникла ситуація, проблема якої полягала в тому, що стало не можливим використовувати стандартизовані вимоги до впливу вібрації, зазначені у скасованому національному стандарті ГОСТ 12.2.056-81 [1]. При цьому, слід зазначити, що вимоги чинних на даний час в Україні національних стандарти, гармонізованих з європейськими, ДСТУ ISO 2631-1:2004 [2], ДСТУ ISO 2631-4:2005 [3] ДСТУ EN ISO 5349-1:2005 [4], ДСТУ EN ISO 5349-2:2005 [5] та ДСТУ EN ISO 10326-1:2019 [6] відрізняються від вимог, що наведені у [1].

Відповідно до проведеного аналізу вимог національних стандартів [2] та [3] можна зазначити, що:

- в ДСТУ ISO 2631-1:2004 встановлено методи отримання значень параметрів, на основі яких можуть бути зроблені висновки щодо допустимості впливу вібрації відповідно до вимог національного законодавства;

- в ДСТУ ISO 2631-4:2005 встановлено методи оцінки, які в більшій степені відносяться до порівняння комфортності транспортних засобів, ніж до визначення абсолютного рівня комфорту.

Отже, ці стандарти не надають кількісної оцінки рівнів вібрації, за яких її вплив на людину є недопустимим.

Аналіз вимог стандартів [4] та [5] дозволяє зробити висновок, що:

- ДСТУ EN ISO 5349-1:2005 не встановлює діапазон «безпечної» вібрації та надає рекомендації, що вимоги гігієнічного нормування вібрації мають бути визначені у відповідних документах на національному рівні;

- ДСТУ EN ISO 5349-2:2005 встановлює вимоги щодо проведення вимірювань локальної вібрації відповідно до ДСТУ EN ISO 5349-1:2005 на робочому місці оператора; забезпечує отримання реалістичної картини впливу на оператора локальної вібрації за робочу зміну й оцінки цього впливу в межах допустимої невизначеності.

Взагалі вимоги цих стандартів стосуються впливу вібрації в процесі роботи з ручними машинами будь якого типу з приводом будь якого виду (електричним, пневматичним, гідравлічним, від двигуна внутрішнього згоряння), на машинах з ручним керуванням, під час обробки на станках деталей, які оператор тримає руками.

Отже, ці стандарти не враховують вплив очікуваних, але складних за составом і формою просторових коливань, які притаманні залізничному транспорту, тип яких залежить від стану рельсової колії, конструкції транспортного засобу взагалі та конструкції сидіння машиніста чи сидіння (або спального місця) пасажирів зокрема. Також ці стандарти не встановлюють граничних норм впливу вібрації, що є безпечними для людини.

Вимоги стандарту [6] встановлюють технічні умови, які охоплюють випробування для сидінь, призначених для пасажирів та поїзної бригади залізничних тягових та причіпних транспортних засобів, характеризує спосіб, у вигляді функції частотної характеристики, яка однак цілком дійсна тільки тоді, коли систему сидіння-людина можна розглядати достатньо лінійною. В цьому стандарті як метод випробувань передбачається збудження сидіння, на якому сидить людина, за допомогою широкопasmової псевдовипадкової вібрації у трьох напрямках X, Y, Z. Спектри вібрацій мають досить простий вид та достатню величину для того, щоб охопити велику частину фактичних спектрів, які спостерігаються на рейковому шляху з урахуванням виду транспортного засобу, його навантаження, конфігурації коліс, геометрії та якості поверхні рейок.

Таким чином описувані в стандарті [6] методи, умови, параметри, характеристики випробувань, застосовні для цього процедури та апаратура, умови представлення результатів не надають пояснень щодо оцінки отриманих результатів, із попередженням, що, як результат, величини, виміряні в різних точках прикладення реакції системи людини-сидіння під час лабораторних випробувань, ні за яких обставин не можна використовувати для порівняння з граничними або припустимими значеннями.

Навпроти, в підпункті 4.5.34 ДСТУ ГОСТ 31187:2018 [7] встановлено вимоги щодо кількісних показників гранично допустимих рівнів вібрації в кабіні машиніста тепловоза (на сидінні крісла) під час руху (див. таблиці Е.3 додатку Е).

При цьому слід звернути увагу, якщо вимоги скасованого ГОСТ 12.2.056-81 стосувались як електровозів так й тепловозів, то вимоги ДСТУ ГОСТ 31187:2018 стосуються лише тепловозів. Нижче подано таблицю, в якій наведено значення віброприскорень у вертикальному та горизонтальному напрямках відповідно до вимог стандартів ДСТУ ГОСТ 31187:2018 [6](таблиця Е.3 додатку Е) та ГОСТ 12.2.056-81 [1] (таблиця).

Таблиця – Значення віброприскорень у вертикальному та горизонтальному напрямках

Середньгеометрична частота 1/3 октавних полос. Гц		Середньоквадратичне значення віброприскорень, мс^{-2} , не більше			
ДСТУ ГОСТ 31187:2018	ГОСТ 12.2.056-81	Вертикальний напрямок Z		Горизонтальний напрямок X.Y	
		ДСТУ ГОСТ 31187:2018	ГОСТ 12.2.056-81	ДСТУ ГОСТ 31187:2018	ГОСТ 12.2.056-81
1,0	1,0	0,30	0,63	0,11	0,23
1,25	1,25	0,27	0,56	0,11	0,23
1,6	1,6	0,24	0,50	0,11	0,23
2,0	2,0	0,21	0,45	0,11	0,23
2,5	2,5	0,19	0,40	0,13	0,28
3,15	3,15	0,17	0,36	0,17	0,36
4,0	4,0	0,15	0,32	0,21	0,45
5,0	5,0	0,15	0,32	0,27	0,56
6,3	6,3	0,15	0,32	0,34	0,71
8,0	8,0	0,15	0,32	0,43	0,90
10,0	10,0	0,15	0,36	0,53	0,70
12,5	12,5	0,19	0,40	0,55	0,50
16,0	16,0	0,21	0,45	0,60	0,40
20,0	20,0	0,24	0,50	0,67	0,36
25,0	25,0	0,34	0,56	1,06	0,40
31,5	31,5	0,42	0,63	1,19	0,45
40,0	40,0	0,53	0,71	1,69	0,56
50,0	-	0,75	-	2,12	-
63,0	-	0,85	-	3,10	-
80,0	-	1,06	-	4,24	-

Як зрозуміло із таблиці граничні допустимі рівні вібрації за вимогами ДСТУ ГОСТ 31187:2018 жорсткіші ніж за вимогами ГОСТ 12.2.056-81. Цей факт ґрунтується на результатах останніх досліджень з урахуванням сучасного досвіду.

Зважаючи на те, що рівень негативного впливу вібрації на людину не залежить від джерела, що створює цю вібрацію, визначені в таблиці Е.3 додатку Е ДСТУ ГОСТ 31187:2018 [6] рівні віброприскорень можна узяти за основу під час оцінювання відповідності робочого місця машиніста залізничного транспортного засобу з метою його атестації з точки зору санітарно-гігієнічних норм. При цьому за відсутності нормативних документів, що мають конкретні вимоги щодо рівнів віброприскорень для певних видів залізничного тягового складу (електровози, тепловози, моторвагонний рухомий склад) доцільним стає створення загального нормативного документу, наприклад, державних

санітарних правил в сфері залізничного транспорту щодо впливу вібрації на персонал на робочому місці в кабіні машиніста, з виконанням певних процедур затвердження наказом МОЗ України та реєстрацією такого документу у Міністерстві юстиції.

Під час складання, оформлення та затвердження такого документу пряме посилення на не чинні в Україні стандарти заборонено, але ці нормативні документи можна використовувати як інформаційні джерела та вимоги цих стандартів вносити до тексту, враховуючи при цьому вимоги гармонізованих європейських стандартів, якщо їхнє застосування у повному обсязі є неефективним або невідповідним, зокрема з огляду на недостатній рівень захисту, суттєві кліматичні чи географічні фактори або технологічні проблеми. Це загальною мірою ліквідує білі плями, які з'явилися у наслідок скасування міждержавних стандартів, приблизить до реалізації європейських вимог та надасть змогу вирішити питання у визначенні, встановленні та затвердженні нормованих показників щодо впливу вібрації на робочому місці машиніста залізничного транспортного засобу.

Висновки. 1. Зважаючи на особливості умов щодо видів вібрації, що створюються під час роботи машиніста залізничного транспортного засобу, гармонізовані європейські стандарти [2] - [4] можливо застосувати з точки зору методів оцінки, оброблення результатів та використання міжнародного досвіду з цього питання.

2. За-для забезпечення законодавчо урегульованого встановлення та використання відповідних норм (зокрема санітарно-гігієнічних) у сфері залізничного транспорту в умовах скасування національних стандартів, прийнятих до 1992 року, в яких було встановлено конкретні кількісні показники, здійснення відповідної заміни скасованих стандартів на гармонізовані європейські має відбуватись після ретельного аналізу та порівняння показників, характеристик, отриманих результатів та їх наслідків.

3. Для проведення такого порівняльного аналізу доцільно залучати більше коло фахівців, які є представниками підприємств-виробників та кінцевих користувачів залізничного транспорту, наукових організацій, органів оцінки відповідності, в тому числі випробувальних лабораторій, органів контролю з охорони праці та центрів контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України.

Л і т е р а т у р а

1. ГОСТ 12.2.056-81ССБТ. Электровозы и тепловозы колеи 1520 мм. Требования безопасности. Не чинний з 2019-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ». Наказ № 185 від 14 грудня 2015 року, 2015. 27с.

2. ДСТУ ISO 2631-1:2004 (ISO 2631-1:1997, IDT) Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Частина 1. Загальні вимоги. Чинний від 01.04.2006. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 34с.
3. ДСТУ ISO 2631-4:2005 (ISO 2631-4:2001, IDT) Вібрація та удар механічні. Оцінювання впливу загальної вібрації на людину. Частина 4. Настанови з оцінювання впливів вібрації та обертового переміщення на комфорт пасажирів та поїзної бригади у транспортних системах з фіксованою напрямною колією. Чинний від 01.10.2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 16с.
4. ДСТУ EN ISO 5349-1:2005 (EN ISO 5349-1:2001, IDT) Вібрація механічна. Вимірювання та оцінювання впливу на людину локальної вібрації. Частина 1. Загальні вимоги. Чинний від 01.12.2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 27 с.
5. ДСТУ EN ISO 5349-2:2005 (EN ISO 5349-2:2001, IDT) Вібрація механічна. Вимірювання та оцінювання впливу на людину локальної вібрації. Частина 2. Практична настанова з вимірювання на робочому місці. Чинний від 01.12.2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 42 с.
6. ДСТУ EN ISO 10326-1:2019 (EN ISO 10326-1:2016, IDT; ISO 10326-1:2016, Corrected version 2017-02, IDT) Вібрація механічна. Лабораторний метод оцінювання вібрації сидіння транспортного засобу. Частина 1. Основні вимоги. Чинний від 01.01.2021. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 26 с.
7. ДСТУ ГОСТ 31187:2018 (ГОСТ 31187-2011, IDT) Тепловози магістральні. Загальні технічні вимоги. Чинний від 01.03.2018. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 37 с.

РОЛЬ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Хилько І.І. – старший викладач кафедри економічної кібернетики, комп'ютерних наук та інформаційних технологій, hilko@mnau.edu.ua

Політікіна І.В. – здобувач вищої освіти обліково-фінансового факультету, innapolitikina965@gmail.com

Миколаївський національний аграрний університет
Україна, м. Миколаїв

THE ROLE OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS OF EFFECTIVE ENTERPRISE MANAGEMENT IN THE TRANSPORT INDUSTRY

Khylko I. I. – Senior Lecturer at the Department of Economic Cybernetics, Computer Science and Information Technology, hilko@mnau.edu.ua

Politykina I. V. – student of the Faculty of Accounting and Finance, innapolitikina965@gmail.com

Mykolaiv National Agrarian University
Mykolaiv, Ukraine

Abstract. *The article studies the role of economic and mathematical methods of effective enterprise management in the transport industry. The expediency of using modern methods of economic and mathematical modeling in combination with the latest information technologies for enterprise management in the transport industry is substantiated. It is proposed to use econometric and logistic approaches, system and mathematical modeling for effective management of an enterprise in the transport industry.*

Keywords: *model, economic and mathematical methods, effective management, management decisions, transport industry, econometrics, logistics, system modeling, mathematical modeling.*

Актуальність дослідження зумовлена тим, що моделювання в управлінні діяльністю підприємств у транспортній галузі на сьогодні є дуже актуальною проблемою, так як досить часто досягнути максимально високих результатів в управлінні підприємством можна лише за допомогою використання економіко-математичних методів та моделей.

Дослідженням проблем в керуванні підприємств за допомогою економіко-математичних методів займалися такі вчені як В. Вітлінський, В. Осипов, С. Прокопов та інші.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування доцільності використання економіко-математичних методів ефективного управління підприємством у транспортній галузі.

Основний текст. Підприємство у транспортній галузі як відкрита, динамічна, багаторівнева система потребує врахування всіх особливостей, що належать до такого роду систем, які розвиваються в процесі управління підприємством. Відповідно, виникає необхідність у застосуванні в процесі управління підприємством таких методів та моделей, які б дозволили планувати, організовувати, мотивувати та контролювати підприємницьку діяльність з точки зору розгляду підприємства як системи та з врахуванням його особливостей. Застосування в таких ситуаціях економіко-математичних методів і моделей є загальновідомим і виявило себе як найбільш прогресивне і ефективне. Сучасні методи управління економічними системами та процесами базуються на широкому використанні математичних та економіко-математичних методів у поєднанні з новітніми інформаційними технологіями.

Одними з найбільш ефективними та динамічними в часі є економетричний та логістичний підходи. Кожен з них, у свою чергу, має чимало компонентів, з якими зв'язане транспортне підприємство, — постачальники, споживачі, конкуренти, партнери, банки тощо.

На сучасному етапі економічного реформування, запровадження ринкових методів господарювання зростає потреба в оперативності прийняття управлінських рішень, у розрахунку й прогнозуванні варіантів можливих напрямків виробничої діяльності окремих підприємств. А це практично неможливо здійснити без застосування в аналітичному дослідженні економіко-математичних методів [1].

Математичні методи прискорюють проведення економічного аналізу, сприяють більш повного врахування впливу факторів на результати діяльності, підвищенню точності обчислень. Застосування таких методів вимагає: системного підходу до вивчення об'єкту дослідження, розробку математичної моделі якісних характеристик роботи підприємства, вдосконалення системи інформаційного забезпечення управління підприємством у транспортній галузі.

Економетрика ж допомагає створити таку модель функціонування ресурсів, при якій кожен з основних методів її розв'язання є певною складовою одного з економічних параметрів [2].

Економіко-математичне моделюванням можна також розглядати як процес встановлення відповідності для деякої реальної системи S з деякою, що відповідає заданим вимогам, математичною моделлю M і дослідження цієї моделі, що дозволяє отримати як характеристики, так і оцінки поведінки реальної системи в певних інтервалах значень її показників і параметрів.

Системне моделювання являє собою сукупність конкретних різновидів моделювання, найбільш важливі серед яких є наступні: атрибутивне, спрямоване на систематизацію інформації про властивості об'єкту; структурне, що забезпечує

уявлення структури об'єкту або процесу моделювання; організаційне, що передбачає вивчення організації системи; функціональне, орієнтоване на побудову і дослідження функцій явища/процесу, що досліджується; структурно-функціональне, головна мета – дослідження взаємозв'язків структури і функцій об'єкту чи процесу, що вивчається; вітальне, спрямоване на представлення та вивчення тих чи інших етапів життєвого циклу системи. Системне моделювання є досить прагматичним [3].

Математичне моделювання віддає перевагу виявленню кількісних особливостей та закономірностей розвитку систем. Даний вид моделювання абстрагується від конкретного змісту системи, але обов'язково враховує його, намагаючись відтворити систему за допомогою математичного апарату. Математичне моделювання являє собою широку сферу інтелектуальної діяльності. Математичні моделі забезпечують перехід до оригіналу, фіксують і досліджують його властивості і відношення за допомогою математичних методів [4].

Серед них виділяють відповідні і розрахункові. Розрахункові моделі виражають властивості і відношення оригіналу за допомогою уявлень – формул, рівнянь, графіків, таблиць, операторів, алгоритмів і т. д. у відповідних моделях – змінні величини пов'язані з відповідними змінними величинами оригіналу певними математичними залежностями [5].

Висновок. Отже, щоб забезпечити точний успіх на підприємствах у транспортній галузі застосовують економіко-математичні методи ефективного управління підприємством. Вони дозволяють аналізувати та прогнозувати ефективність різних стратегій управління [6], оцінювати вплив різних факторів на показники підприємства та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Такі методи допомагають зменшити ризики та підвищити ефективність управління підприємством, що є важливим для досягнення успіху на ринку під час великої конкуренції. Тому знання та використання економіко-математичних методів є важливим для керівників підприємств у сучасних умовах глобальної конкуренції.

Л і т е р а т у р а

1. Бондар О. А. Інтерпретаційний схематизм управління економічними системами : монографія. Київ : Товариство «Науковий світ», 2013. 121 с.
2. Бондар О. А. Системні інтерпретаційні рівні управління складними системами. Містобудування та територіальне планування. Вип 44. Київ : Ін-т математики, 2012. 60–66 с.
3. Бондар О. А. Інтерпретаційні моделі управління економічними процесами. Містобудування та територіальне планування. Вип. 45. Київ : Ін-т економіки, 2012. 80–91 с.
4. Банді Б. Математичні методи дослідження операцій. Київ : Ін-т математики, 1995. 96–104 с.

5. Кандел А. Нечіткі математичні моделі і методи обчислювального інтелекту з додатками. Київ : Києво-Могилянська академія, 1986. 111 с.

6. Хилько І. І. Прогнозування соціально-економічних процесів методами екстраполяції тенденції. Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 20-21 квітня 2023 р., Київ : ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», 2023.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Чабанов О.С. – магістрант, opat-22dm-62@snu.edu.ua

Михайлов Є.В. – к. т. н., доцент, mihajlov@snu.edu.ua

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
Україна, м. Київ*

WORK EFFICIENCY ASSESSMENT CRITERIA OF AUTOMOBILE TRANSPORT SYSTEM

Chabanov O.S. – master's student, opat-22dm-62@snu.edu.ua

Mykhaylov E.V. – Ph.D., Associate Professor, mihajlov@snu.edu.ua

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *The main issue in the theory of efficiency is the choice and justification of performance and quality assessment indicators. The article analyzes the criteria used to evaluate the efficiency of motor transport systems.*

Keywords: *quality, efficiency, road transport, transportation, criteria, evaluation*

Актуальність теми. Щоб забезпечити якість будь якої продукції (в тому числі й продукції автомобільного транспорту), слід підвищувати технічний рівень на всіх етапах її життєвого циклу, від виготовлення до споживання, тільки тоді буде досягнута необхідна якість. Для цього рівень якості продукції слід встановлювати на стадії планування, забезпечувати на стадії виробництва та підтримувати на стадії споживання. Головним питанням у теорії ефективності є вибір та обґрунтування показників оцінки ефективності та якості. Наприклад, аналіз перевезень вантажів та пасажирів, послуг і робіт на автомобільному транспорті дає можливість за допомогою експлуатаційних та економічних вимірювачів оцінити ефективність та якість його функціонування [1]. Зважаючи на вищевказане, тематика роботи, що присвячена питанням підвищення якості та ефективності автомобільних перевезень, є достатньо актуальною.

Мета дослідження. Проаналізувати критерії, що використовуються для

оцінки ефективності роботи автомобільних транспортних систем.

Основний текст. Одним з найважливіших показників, по якому виконується порівняльна оцінка роботи рухомого складу конкретних моделей, є продуктивність. При визначенні продуктивності порівнюваного рухомого складу такі показники, як час в наряді, коефіцієнт використання пробігу, коефіцієнт використання вантажопідйомності й відстань перевезення вантажу, що характеризують умови роботи рухомого складу, приймаються в розрахунках однаковими по величині [2].

Показники - технічна швидкість руху, вантажопідйомність і час простою рухомого складу під навантаженням і розвантаженням, що характеризують даний тип і модель автомобіля, можуть бути різними по величині відповідно до норм пробігу й нормами часу простоїв під навантаженням і розвантаженням.

Зі зменшенням відстані перевезення різниця у величині продуктивності автомобілів великої вантажопідйомності в порівнянні з автомобілями середньої й малої вантажопідйомності скорочується. Вибір рухомого складу тільки по показнику продуктивності не є остаточним, тому що не завжди автомобілі, що мають більшу продуктивність, забезпечують мінімальні експлуатаційні витрати.

Показник продуктивності не відбиває економічну ефективність використання рухомого складу. Тому для остаточного рішення цього завдання необхідно провести порівняння рухомого складу обраних моделей по таких економічних показниках, як собівартість і рентабельність перевезень.

Собівартість перевезень є узагальнюючим показником при оцінці ефективності використання тієї або іншої моделі рухомого складу в роботі. Тому економічно ефективним буде той рухомий склад, у якого величина собівартості перевезень буде мінімальною. При порівнянні рухомого складу за собівартістю перевезень остання повинна бути розрахована для конкретних умов перевезень при заданих коефіцієнтах використання пробігу й використання вантажопідйомності.

Іншим показником оцінки економічної ефективності використання різного рухомого складу є рентабельність перевезень, що розраховується як відношення прибутку до вартості виробничих фондів. Однак, визначити цей показник по рухомому складу різних моделей досить складно, тому що при цьому необхідно знати вартість виробничих фондів, які доводяться на автомобіль кожної моделі. Такі розрахунки будуть досить умовними.

Ефективність, якість і надійність є ключовими поняттями при характеристиці автомобільних перевезень, оскільки саме з їх допомогою конкретизуються мета, яка визначається учасниками транспортного процесу. Вказані поняття часто вживаються самостійно, проте між ними існує однозначний зв'язок, оскільки якість є компонентом системи оцінки

ефективності, а надійність - компонентом системи оцінки якості [3].

В той же час цей зв'язок при усій його логічності є досить складним, оскільки оцінка ефективності завжди суб'єктивна і залежить від того, в чітких інтересах і з точки зору якого учасника перевезень вона здійснюється. Оцінка якості завжди здійснюється з точки зору споживача транспортних послуг, а надійність є об'єктивною характеристикою, що оцінюється вірогідністю безвідмовної роботи та іншими показниками.

Загальну структуру ефективності автотранспортної системи можна представити таким чином (рис.1).

Кожна з підсистем автотранспортної системи має свої власні цілі. Серед них однією з найбільш важливих є мета забезпечення власної стійкості функціонування в конкурентному середовищі. Синхронізація цілей в єдиному для всієї автотранспортної системи напрямі забезпечує протікання процесів її самоорганізації, але це не виключає різнонаправленості цілей підсистем і, отже, різного розуміння ефективності.

Наприклад, з точки зору пасажирського автотранспортного підприємства, чим вищий рівень доходів, тим ефективніше організовано транспортне обслуговування. Доходи автопідприємства складаються з багатьох складових, куди входять і витрати пасажирів на оплату проїзду, тому, з точки зору жителів міста, ефективність перевезень тим вища, чим дешевше вони для них обходяться. Для споживача ефективність міських пасажирських перевезень визначається надійністю обслуговування, комфортом поїздки і доступністю тарифу.



Рисунок 1 – Структурна схема ефективності автомобільної транспортної системи

Локальні критерії ефективності застосовують, якщо порівнювані варіанти

перевезень відрізняються за одним, окремо взятим показником. Наприклад, впровадження графіків перевезень виключає простої автомобілів в черзі. Значить, в цьому випадку ефективність порівнюваних варіантів перевезень може бути оцінена одним показником - тривалістю простоїв автомобіля в пунктах навантаження і розвантаження. Можливе використання також вартісної оцінки простоїв транспорту. Впровадження раціональних маршрутів перевезень забезпечує зменшення холостих пробігів. Відмінність в порівнюваних варіантах в цьому випадку може бути оцінена скороченням порожніх пробігів автомобілів або іншими показниками, пов'язаними з порожнім пробігом, а саме: коефіцієнтом використання пробігу, загальним пробігом, витратою палива і т.д.

Комплексні показники ефективності застосовують тоді, коли заходи, що проводяться, одночасно змінюють декілька характеристик транспортного процесу. Наприклад, заміна рухомого складу веде до зміни таких параметрів, як вантажопідйомність, простій під навантаженням і розвантаженням, питома витрата палива, амортизаційні відрахування й інші. В цьому випадку недостатньо будь-якого часткового критерію.

Комплексні показники ефективності застосовують також, якщо обґрунтування заходів, що проводяться для вдосконалення перевезень, потребує їхньої узагальненої оцінки. Так, при обґрунтуванні раціональних маршрутів разом з коефіцієнтом використання пробігу можна розрахувати зміну собівартості перевезень або питомих приведених витрат.

В якості локальних або часткових показників ефективності досить часто використовують технологічні параметри транспортного процесу: тривалість простоїв транспортних і навантажувально-розвантажувальних засобів, тривалість перевезення товару, час поїздки пасажирів, коефіцієнт використання вантажопідйомності, наповнюваність автобусів, довжина порожніх пробігів. До числа локальних показників ефективності транспортного процесу відносяться також енергоємність, матеріаломісткість і металоємність перевезень.

Висновки. Незважаючи на різноманітність критеріїв економічної ефективності транспортних послуг в їх основі лежить єдиний принцип порівняння витрат і отриманого корисного ефекту. Цьому принципу відповідають такі показники, як собівартість, рентабельність і трудомісткість перевезень, питомі приведені витрати.

Використання комплексних або узагальнених показників ефективності транспортного процесу викликане прагненням більш повно відбити результати роботи автотранспорту в порівнянному вигляді для різних умов перевезень. До їх числа відносяться такі: продуктивність, собівартість перевезень, прибуток, дохід, рентабельність, приведені витрати, трудомісткість перевезень і продуктивність праці.

Застосування перерахованих показників виправдане для оцінки варіантів організації перевезень. В той же час потрібно мати на увазі, що для споживача транспортних послуг бажане зниження транспортних витрат на одиницю продукції, тоді як для автотранспортних підприємств в умовах ринкових конкурентних стосунків природним є прагнення збільшити об'єми транспортної роботи і поліпшити свої фінансові показники.

Л і т е р а т у р а

1. Управління якістю продукції та послуг / Білецький Е.В., Янушкевич Д.А., Шайхлісламов З. Р. Харків. торг.-економ. інститут КНТЕУ. Х.: ХТЕІ, 2015. 222 с.
2. Родіонов Ю.В., Обшивалкін М.Ю., Мигачов В.А. Критерії оцінки ефективності рухомого складу автомобільного транспорту. Світ транспорту і технологічних машин. 2011. № 2. С. 17-22.
3. Перебийніс В.І., Болдирєва Л.М., Перебийніс О.В. Транспортний менеджмент і транспортний маркетинг виробничо-комерційної діяльності. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009.

СЕКЦІЯ 3: ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

SECTION 3: ELECTRICAL ENGINEERING

ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА ПРИМІСЬКОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Березінський С.В. – магістрант, Berezinskyi_S@ukr.net

Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

STUDY OF ASYNCHRONOUS TRACTION ENGINE OF SUBURBAN DC ELECTRIC TRAIN

Berezinskyi S.V. – master's student, Berezinskyi_S@ukr.net

Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *A mathematical model and a software-algorithmic complex for determining train movement curves were developed. This complex is based on the solution of the traction problem and determines the operating modes of electromechanical converters taking into account their thermal state. A rational algorithm for the control of electric rolling stock was proposed, including the modes of maximum traction force, maximum regenerative braking force, coasting, traction with maximum efficiency and regenerative braking with maximum efficiency. The dependences of energy parameters of electromechanical converters for these modes of operation were identified, taking into account temperature.*

Keywords: *optimization of traction drive , asynchronous traction motors*

Актуальність дослідження. Для місцевого залізничного сполучення в Європі використовується спеціалізований мотор-вагонний рухомий склад, зазвичай, не більше чотирьох вагонів, з двома з них у ролі головних. Тяговий привід цих електропоїздів базується на використанні асинхронних тягових двигунів. Визначення раціональних параметрів тягових двигунів та їх характеристик є важливою науково-практичною задачею. [1].

Мета роботи є визначення раціональних параметрів тягових двигунів та їх характеристик для мотор-вагонного рухомого складу з асинхронним тяговим приводом.

В роботі було проведено дослідження тягового асинхронного двигуна з номінальною корисною потужністю 350 кВт та номінальною частотою обертання 754 об/хв. Отримано такі результати: коефіцієнт корисної дії двигуна становить 97,07%, коефіцієнт потужності двигуна – 0,831, а маса активних матеріалів електродвигуна складає 564 кг.

Була розроблена математична модель та програмно-алгоритмічний комплекс для визначення кривих руху потягу. Цей комплекс базується на рішенні тягової задачі і визначає режими роботи електромеханічних перетворювачів з урахуванням їх теплового стану.

Був запропонований раціональний алгоритм управління електричним рухомим складом, включаючи режими максимальної сили тяги, максимальної сили рекуперативного гальмування, вибігу, тяги з максимальним ККД і рекуперативного гальмування з максимальним ККД. Здійснено ідентифікацію залежностей енергетичних показників електромеханічних перетворювачів для цих режимів роботи з урахуванням температури [2].

Введено комплексний критерій ефективності, що включає витрату енергії електрорухомого складу і середню швидкість його руху. При конфлікті цих компонентів, вибір оптимального режиму тягового двигуна пропонується проводити на основі відносного показника ефективності. Цей показник є відношенням електричної енергії, перетвореної у електропоїзді в механічну, до граничної, яку можна реалізувати за умов контакту колесо-рейка при максимально-можливій швидкості руху на ділянці шляху.

Виявлено, що при низьких швидкостях руху поїзда (низьких частотах обертання двигуна) ефективності тягового приводу сприятливо впливає режим просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції, тоді як при збільшенні частоти обертання переважає режим однократної широтно-імпульсної модуляції. Зростання частоти обертання в тяговому режимі призводить до збільшення ковзання двигуна через обмеження струму ротора, і це явище різко зменшується при низьких значеннях частоти обертання в гальмівному режимі, оскільки метою є підвищення електрорушійної сили двигуна. Була розроблена математична модель та програмно-алгоритмічний комплекс для визначення кривих руху потягу, що ґрунтуються на розв'язанні тягової задачі. Цільовою особливістю є визначення режимів роботи електромеханічних перетворювачів за допомогою векторної функції ефективності та врахування їх теплового стану [3].

Висновок. Збільшення максимальної швидкості руху з 90 до 140 км/год призвело не лише до збільшення середньої швидкості руху електропоїзда, але і до зменшення витрат енергії з 19,72 кВт·год до 18,98 кВт·год, що обумовлено працездатністю приводу в режимах з високим значенням ККД.

Л і т е р а т у р а

1. Любарский Б.Г. Анализ и сравнение перспективных тяговых электродвигателей / В.И. Омеляненко, Б.Г. Любарский, Е.С. Рябов, А.В. Демидов, Т.В. Глебова. // Залізничний транспорт України. 2008. №2/1. С. 26-31.
2. Liubarskyi B. Optimization of thermal modes and cooling systems of the induction traction engines of trams / B. Liubarskyi, A. Petrenko, D. Iakunin, O. Dubinina // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies and computer systems Engineering technological systems. 2017. №3/9(87).2017. P. 59-67.
3. Петренко О. М. Оптимізація режимів руху трамвайного вагону з асинхронними тяговими двигунами на ділянці колії з встановленим графіком руху та профілем / О. М Петренко, Б.Г. Любарський // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. 2016. Вип. 4(40). С. 36-40.

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ПІДВИЩЕНИЙ ДІАПАЗОН РЕГУЛЮВАННЯ

Бобир В.І. – магістрант гр. 2EEE маг, boba.fizick@gmail.com

Гулак С.О. – к.т.н., доцент, sgoolak@jmail.com

Київський інститут залізничного транспорту

Державного університету інфраструктури та технологій

Україна, м. Київ

METHOD OF DIAGNOSING ECCENTRICITY AND ROTOR ROD DEFECTS IN INDUCTION TRACTION ENGINES

Boby V.I. – master's student gr. 2EEE mast, boba.fizick@gmail.com

Hulak S.O. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, sgoolak@jmail.com

Kyiv Institute of Railway Transport

State University of Infrastructure and Technologies

Ukraine, Kyiv

Abstract. *It is proposed to use induction motors with a rotating stator (IMRS) as an executive-regulating device of locomotive automatic temperature control systems (ATCS) to improve the operation of the adjustable electric drive of fans (AEDF), which will allow to increase the frequency range of regulation and reduce the consumption of electricity for the operation of the drive of auxiliary machines.*

Keywords: *electric locomotive, traction motors cooling system, automatic temperature regulation system, induction motor with rotating stator.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення техніко-економічних показників електроприводів вентиляторів автоматичних систем регулювання температури (АСРТ) тягових двигунів локомотивів.

Метою роботи є вдосконалення регульованого електроприводу

вентиляторів (РЕПВ) з асинхронними двигунами з поворотним статором (АДПС) як виконавчо-регулюючого пристрою локомотивних автоматичних систем регулювання температури (АСРТ).

В енерговитратах на тягу поїздів істотну частину складають витрати на функціонування допоміжних агрегатів та систем локомотивів – систем охолодження теплоносіїв (охолоджувальної рідини, олії та надувного повітря) силової енергетичної установки магістральних та маневрових тепловозів та тягового електрообладнання (тягових генераторів) випрямних установок та інверторів) [1, 2]. У зв'язку з цим актуальними є завдання підвищення техніко-економічних показників електроприводів вентиляторів автоматичних систем регулювання температури (АСРТ) локомотивів [3].

Мета розробки даної системи є підвищення діапазону частоти обертання валу вентилятора охолодження, отже, підвищення діапазону регулювання температури. АСРТ, зображена на рис. 1 працює наступним чином.

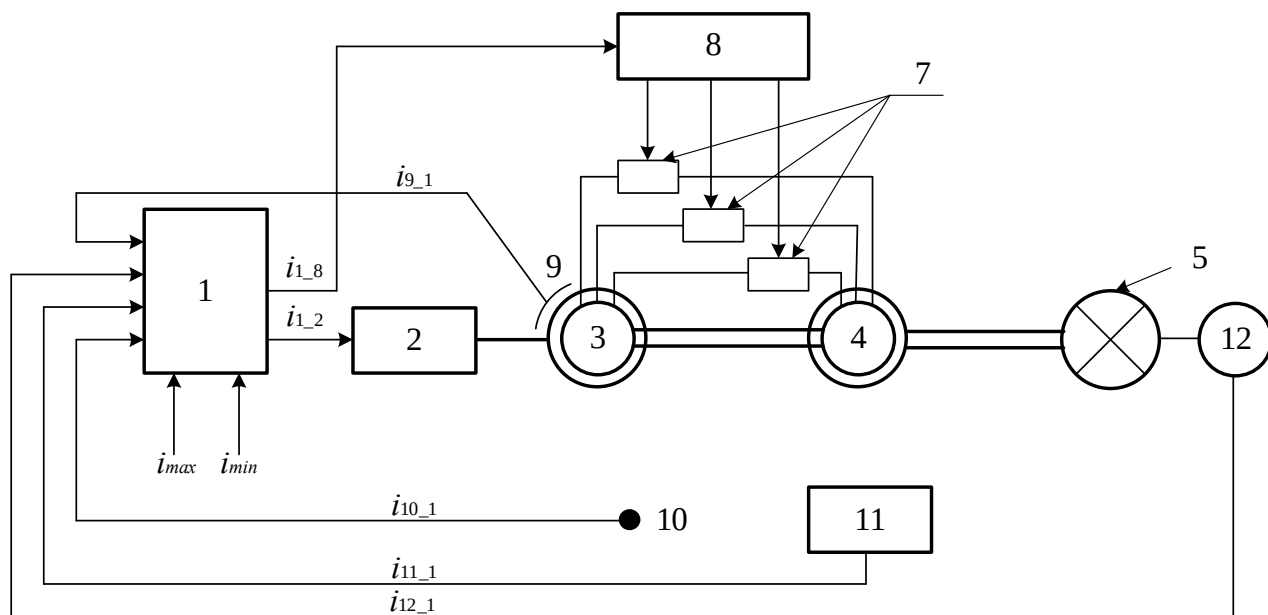


Рисунок 1 – АСРТ, що забезпечує підвищений діапазон регулювання температури

При величині сигналу регульованої температури i_{10-1} менше мінімально заданого значення i_{min} вихідні сигнали керуючого органу 1 i_{1-2} і i_{1-8} мають мінімальне значення, при цьому вихідний сигнал механізму повороту статора 2 і відповідний йому сигнал зворотного зв'язку i_{9-1} мають мінімальні значення, і статор асинхронного двигуна займає положення, при якому частота обертання вентилятора дорівнює нулю. Це зумовлено тим, що при відповідному положенні статорів асинхронних двигунів 3 і 4, коли кут повороту статора двигуна 3 становить 0 ел. град., ЕРС у роторних обмотках спрямовані зустрічно, і

результуюча ЕРС роторів дорівнює нулю. При цьому струм у роторному ланцюзі дорівнює нулю, електромагнітний момент електроприводу дорівнює нулю, частота обертання валу дорівнює нулю. Імпульсно-ключове регулювання опорів резисторів у ланцюзі роторів не здійснюється. Резистори 7 повністю введені в ланцюг роторів.

При збільшенні i_{10-1} і подальшому виконанні умови $i_{max} > i_{10-1} > i_{min}$ збільшуються вихідні сигнали керуючого органу 1, збільшується кут повороту статора асинхронного двигуна 3 пристрій імпульсно-ключового регулювання 8 починає змінювати опори резисторів 7. При цьому результуюча ЕРС роторів більше нуля в обмотках роторів протікає струм, у електроприводі вентилятора розвивається момент, вал починає обертатися, збільшується подача повітря вентилятора охолодження. Цей процес буде продовжуватись доти, доки не настане рівноважний тепловий режим у системі охолодження енергетичної установки.

При досягненні температури максимального значення ($i_{10-1} \geq i_{max}$) вихідні сигнали керуючого органу 1 максимальні. Кут повороту статора становить 180 ел. град., вектори ЕРС обмоток роторів повністю збігаються, результуюча ЕРС ротора досягає максимального значення, двигуни розвивають однакові моменти, працюючи як механічний вал. Пристрій імпульсно-ключового регулювання 8 повністю виводить резистори 7 з ланцюга ротора. Електропривод переходить на природну механічну характеристику. Частота обертання валу вентилятора визначається частотою напруги джерела електроенергії змінного струму 6 та моментом опору вентилятора 5.

Висновок. Запропоновано застосовувати асинхронні двигуни з поворотним статором (АДПС) в якості виконавчо-регулюючого пристрою локомотивних автоматичних систем регулювання температури (АСРТ) для вдосконалення роботи регульованого електроприводу вентиляторів (РЕПВ), що дозволить збільшити частотний діапазон регулювання та зменшити витрати електроенергії на роботу приводу допоміжних машин.

Л і т е р а т у р а

1. Bobrytskyi, S. V., Logvinenko, O. A., Anatskyi, O. O., & Yehorova, I. M. (2019, December). Assessment of modern rolling stock pulling drive gear reliability. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 708, No. 1, p. 012002). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012002>.
2. Yildirim, D., Akşit, M. H., Yolacan, C., Pul, T., Ermiş, C., Aghdam, B. H., ... & Ermiş, M. (2019). Full-scale physical simulator of all SiC traction motor drive with onboard supercapacitor ESS for light-rail public transportation. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(8), 6290-6301. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2934086>.

3. Ruban, M., & Ponomarenko, V. (2021). Development and construction of shunting electric locomotives at Dnipropetrovsk electric locomotives plant (1960's–1970's). *History of science and technology*, 11(1), 212-232. <https://doi.org/10.32703/2415-7422-2021-11-1-212-232>.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ МОТОРВАГОННОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Брязкало М.С – магістрант, Briazkalo_M_S@ukr.net
Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

STUDY OF OPERATION MODES OF ASYNCHRONOUS TRACTION DRIVE OF ELECTRIC ROLLING STOCK

Briazkalo M.S. – master's student, Briazkalo_M_S@ukr.net
Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *Formulated analysis tasks to determine the efficiency of the traction drive based on the asynchronous traction motor, depending on the parameters of the control vector and the operating modes of the traction drive. Adequacy of analytical tasks for determining the efficiency of traction drives is demonstrated by comparing the results of calculations with data obtained by other researchers. Algorithms for optimization of control parameters for different values of torque on the shaft of the traction motor, its rotation frequency and temperature have been developed. The drive and motor efficiencies are approximated by cubic spline functions.*

A comprehensive efficiency criterion is introduced, which takes into account the energy consumption of rolling stock and the average speed of its movement. In case of contradiction of these components, it is suggested to choose the optimal mode of operation based on the relative efficiency indicator.

Keywords: *optimization of traction drive , asynchronous traction motors*

Актуальність дослідження. Для міського залізничного сполучення в Європі використовується спеціалізований мотор-вагонний рухомий склад. Зазвичай такі поїзди складаються не більше ніж з чотирьох вагонів, із двох з них є головними. Тяговий привід таких електропоїздів базується на використанні асинхронних тягових двигунів. Визначення оптимальних режимів роботи тягових приводів є актуальною науково-практичною задачею [1].

Мета роботи є оптимізація режимів роботи тягового приводу мотор-вагонного рухомого складу з асинхронним тяговим приводом

Пропонується визначати ефективність тягового приводу як максимальне значення коефіцієнта корисної дії (ККД), яке залежить від моменту на валу тягового двигуна, його частоти обертання і температури, при оптимальному поєднанні компонентів вектора параметрів управління.

Сформульовані завдання аналізу для визначення ККД тягового приводу на базі асинхронного тягового двигуна, залежно від параметрів вектора управління і режимів роботи тягового приводу. Адекватність аналітичних завдань з визначення ККД тягових приводів продемонстрована порівнянням результатів розрахунків із даними, отриманими іншими дослідниками [2].

Для розв'язання задачі оптимізації використовувався пакет `optlab` для MATLAB, розроблений в НТУ "ХПІ". Цей пакет дозволяє легко варіювати різними методами оптимізації. Серед різних методів рішення поставленої задачі найкращі результати за часом показав метод циклічного покординатного спуску [3].

Розроблено алгоритми оптимізації параметрів управління для різних значень моменту на валу тягового двигуна, його частоти обертання та температури. ККД приводу і двигуна апроксимовано кубічними сплайн-функціями.

Для тягового приводу на базі асинхронного тягового двигуна рекомендується обрати ковзання, коефіцієнт модуляції і режим роботи напівпровідникового перетворювача як компоненти вектора управління. Порівняння кривих показує, що ККД двигуна з просторово-векторною широтно-імпульсною модуляцією перевищує ККД двигуна з однократною широтно-імпульсною модуляцією при частоті обертання від 430 до 510 об/хв. Встановлено, що для низьких швидкостей руху поїзда (низьких частот обертання двигуна) ефективна робота тягового приводу в режимі просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції, а зі збільшенням частоти обертання - в режимі однократної широтно-імпульсної модуляції. Ковзання двигуна зростає із збільшенням частоти обертання в тяговому режимі через обмеження струму ротора двигуна і різко знижується при низьких значеннях частоти обертання в гальмівному режимі через прагнення підвищити електрорушійну силу двигуна. Розроблена математична модель і програмно-алгоритмічний комплекс для визначення кривих руху потягу, заснований на рішенні тягової задачі, особливостями якого є визначення режимів роботи електромеханічних перетворювачів на основі векторної функції ефективності та обліку їх теплового стану. Запропонований алгоритм управління поїздом, який включає режими: максимальної сили тяги, максимальної сили рекуперативного гальмування, вибігу, тяги з максимальним ККД і рекуперативного гальмування з

максимальним ККД. Виявлена залежність енергетичних показників електроприводу для цих режимів роботи з урахуванням температури двигуна.

Висновок. Введено комплексний критерій ефективності, в якому враховані витрата енергії рухомого складу та середня швидкість його руху. У випадку суперечності цих компонентів пропонується вибирати оптимальний режим роботи на основі відносного показника ефективності. Цей показник представляє собою відношення електричної енергії, яку привід перетворює в механічну, до граничної енергії, яку можна реалізувати за умови контакту колеса з рейками при максимально можливій швидкості руху на ділянці шляху.

Л і т е р а т у р а

1. Любарский Б.Г. Анализ и сравнение перспективных тяговых электродвигателей / В.И. Омеляненко, Б.Г. Любарский, Е.С. Рябов, А.В. Демидов, Т.В. Глебова. // *Залізничний транспорт України*. 2008. №2/1. С. 26-31.

2. Liubarskyi B. Optimization of thermal modes and cooling systems of the induction traction engines of trams / B. Liubarskyi, A. Petrenko, D. Iakunin, O. Dubinina // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies and computer systems Engineering technological systems*. 2017. №3/9(87). 2017. P. 59-67.

3. Петренко О. М. Оптимізація режимів руху трамвайного вагону з асинхронними тяговими двигунами на ділянці колії з встановленим графіком руху та профілем / О. М Петренко, Б.Г. Любарський // *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. 2016. Вип. 4(40). С. 36-40.

ДИСКРЕТНИЙ КОМАНДОАПАРАТ ДЛЯ КЕРУВАННЯ КРОКОВИМ ДВИГУНОМ

Воздраганов М.Р. – бакалавр, vozdroganovmukuta@ukr.net

Смоляніннов В.Г. – к.т.н., доц., 701_701@ukr.net

Київський національний університет технологій та дизайну

Україна м. Київ

DISCRETE COMMANDAPPARATUS FOR CONTROLLING A STEPPER MOTOR

Vozdraganov M.R. – bachelor, vozdroganovmukuta@ukr.net

Smolianinov V.G. – Candidate of Technical Sciences, Docent, 701_701@ukr.net

Kyiv National University of Technologies and Design

Ukraine, Kyiv

Abstract. The paper analyzes the use discrete logical elements for constructing a discrete commandapparatus for control electromagnetic stepwise motors with different winding

switching modes . The characteristics are considered and the circuit design is given. implementation by example four-winding stepper motor with the ability extensions systems control up to n – winding step by step engine. Dignity developed discrete command apparatus, simple circuit design implementation using discrete logic based on AND and OR elements , which allows increase reliability and efficiency stepper motor operation

Keywords: command apparatus, logical elements AND and OR, winding switching.

Актуальність дослідження зумовлена все більш широким використання електромагнітного приводу для автоматизації та роботизації технологічних процесів, де в якості виконуючого органу використовуються крокові двигуни.

Метою роботи є проведення оглядового аналізу функціонування електромагнітних крокових двигунів (ЕКД), та розробка дискретного командоапарата для їх системи керування, що дозволяє за допомогою не складних схемотехнічних засобів змінювати режими їх роботи та регулювати довжину кроку пересування, підвищити надійність та ефективність роботи систем керування ЕКД.

При розробці дискретного командоапарата для керування ЕКД використаємо характеристики для чотириобмоткового двигуна на *рисунку 1* [1], де зображені характеристики статичного синхронізуючого зусилля для різних режимах, парної та почергової комутації обмоток ЕКД.

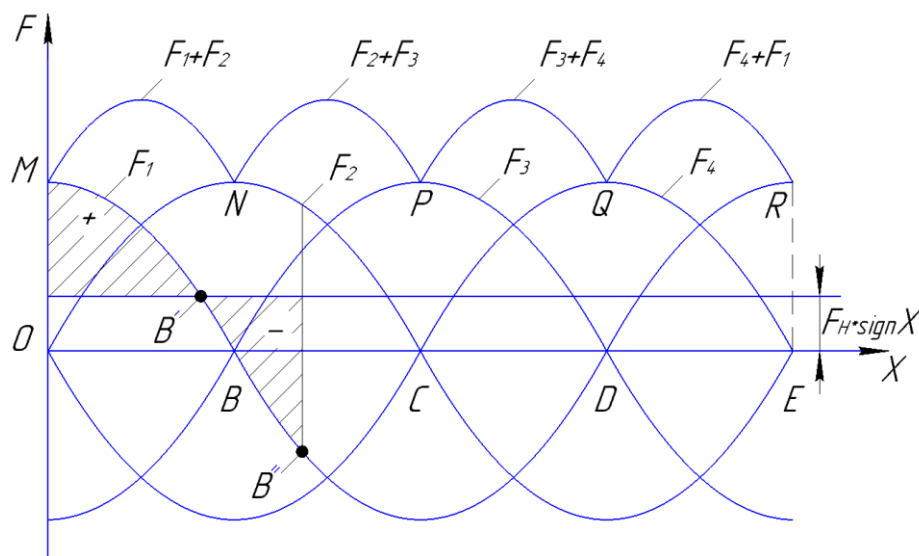


Рисунок 1 – Характеристики статичного синхронізуючого зусилля чотириобмоткового двигуна

Після аналізу характеристик ЕКД [2, 3] була розроблена схемотехнічна реалізація дискретного командоапарата для чотириобмоткового двигуна на *рисунку 2*, яка може бути розширена для двигуна з n – кількістю обмоток.

Наведена схема слугує прикладом поєднання однорежимного розподільвача з дешифратором, що реалізує різні режими роботи ЕКД.

Дискретний командоапарат (ДК) складається з реверсивного розподільвача імпульсів (РІ) зі входами «Вперед» та «Назад», схеми дешифратора виконаного на дискретних логічних елементах І та АБО, підсилювача потужності (Ум), з'єднаного з чотирма обмотками керування (ОУ1- ОУ4) ЕКД.

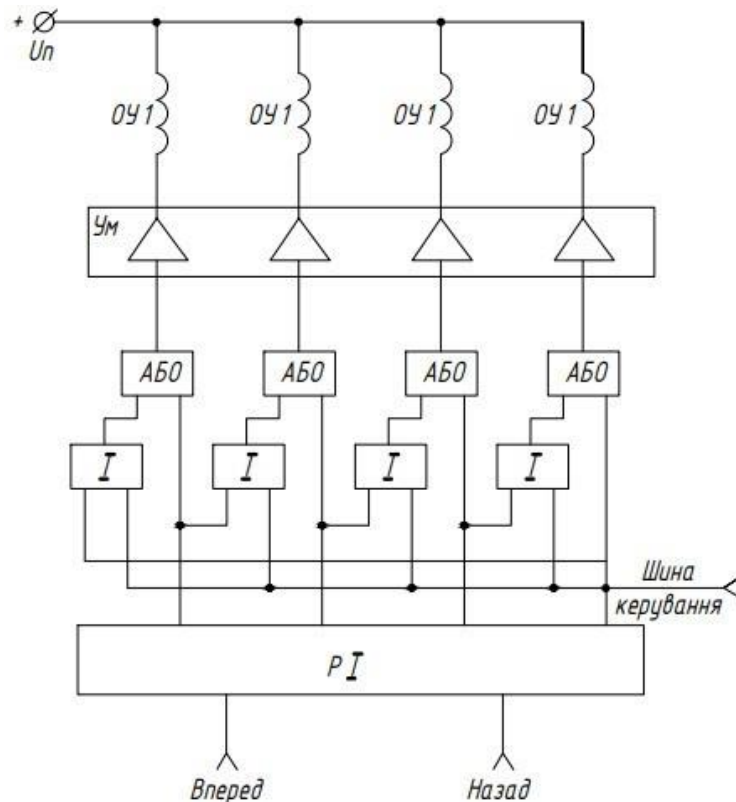


Рисунок 2 – Схематехнічна реалізація дискретного командоапарата для чотири-обмоткового двигуна

При наявності на «Шині керування» сигналу одиничного рівня підключеними є дві обмотки ЕКД, що реалізують режим парної комутації, при цьому довжина кроку, що відпрацьовує ЕКД, зменшена вдвічі. При подачі на «Шину керування» сигналу нульового рівня відбувається заборона на проходження сигналу одиничного рівня через схеми І, реалізується почергова комутація обмоток, відпрацьовується повний крок пересування при роботі ЕКД. При почерговій зміні сигналів одиничного та нульового рівня на «Шині керування» можна реалізувати режим змішаної комутації обмоток ЕКД.

Висновок. В результаті проведеного аналізу, розроблений дискретний командоапарат побудований за допомогою дискретних логічних елементів з нескладною технічною реалізацією, що дозволяє забезпечити різні режими комутації обмоток ЕКД та зміну довжину кроку пересування, що підвищує надійність та ефективність роботи системи керування ЕКД.

Л і т е р а т у р а

1. Смолянінов В. Г. Самокомутація лінійного крокового пристрою / В. Г. Смолянінов, А.С. Білоус // Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-технічної інтернет -

конференції «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку». Ізмаїл: вид-во Дунайського факультету морського та річного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, 2020. С.19-21.

2. Гнатов А. В. Теорія електроприводу транспортних засобів / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова. Харків: ХНАДУ, 2016. 292 с.

3. Yeadon H. W. Handbook of Small Electric Motors / H.W. Yeadon, A.W. Yeadon. Willams. McGraw-Hill, 2001. 187 p.

МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ І ДЕФЕКТІВ СТРИЖНЯ РОТОРА В АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНАХ

Гайдашук А.І. – магістрант гр. 2EEE маг, arturgaydashuk@gmail.com

Гулак С.О. – к.т.н., доцент, sgoolak@jmail.com

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

METHOD OF DIAGNOSING ECCENTRICITY AND ROTOR ROD DEFECTS IN INDUCTION TRACTION ENGINES

Haidashuk A.I. – master's student gr. 2EEE mast, arturgaydashuk@gmail.com

Hulak S.O. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, sgoolak@jmail.com

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. *A method for diagnosing eccentricity and rotor shaft defects in asynchronous traction motors based on a modified fractional moments method is proposed. The application of this method will allow solving the task of monitoring and diagnosing the technical condition of traction induction electric motors as part of traction drives of an electric locomotive.*

Keywords: *electric locomotive, functional diagnostic system, induction motor, eccentricity, maintenance, reliability.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю безперервного контролю технічного стану тягових двигунів електровозу для виявлення дефектів стрижнів ротора та ексцентриситету на ранніх стадіях з метою запобігання аварійних режимів в тягових двигунах під час експлуатації та зменшенню витрат на ремонт тягових двигунів.

Метою роботи є розвиток та розробка методу моментів дробового порядку для вирішення завдань контролю та діагностики технічного стану тягових асинхронних електродвигунів.

На рухомому складі залізниць в якості тягових електродвигунів все більше застосування знаходять асинхронні двигуни (АД), так як вони мають високу ефективність та надійність [1]. Незважаючи на високу надійність АД, в них періодично виникають несправності. Робота у несправному стані породжує зростання дефекту. Це призводить до подорожчання ремонту, зупинки рухомого складу на перегоні та збільшення ризику аварії. В системі тягового приводу рухомого складу вузли з АД є ключовими, на яких пов'язане виконання основних функцій, у тому числі функцій, пов'язаних із безпекою. Тому забезпечення своєчасного контролю та діагностики технічного стану АД є одним з найважливіших завдань.

Для вирішення цього завдання застосовують різні види технічного обслуговування (ТО): коригуюче (позапланове) ТО та профілактичне ТО [1, 2]. Профілактичне ТО поділяють на планове ТО та ТО за станом. Стратегія ТО за станом, як правило, є безперервним моніторингом технічного стану в безперервному режимі. Даний підхід є одним з найбільш економічно вигідних та ефективних з наступних причин [3]:

1. Дефекти та несправності виявляються на ранніх стадіях, що дає такі переваги як:

- зниження вартості ремонту;
- зниження ризику відмов АД та аварій;
- підтримка високої ефективності машин на всьому терміні служби.

В АД, що працюють з несправностями, знижується продуктивність, а внаслідок раннього виявлення дефектів і несправностей час, коли електродвигун працює в несправному стані, скорочується.

2. Не потрібно зупиняти процеси, в яких задіяні АД, для демонтажу з метою контролю технічного стану. За рахунок цього нівелюються витрати через простой та витрати на демонтаж обладнання;

3. Збільшується термін використання елементів схильних до втомного зносу. Згідно з плановим та коригуючим ТО, такі елементи необхідно замінювати з деякою періодичністю, навіть коли вони ще можуть продовжувати роботу. Відповідно до ТО за станом, елементи необхідно замінювати, коли в них виявляється несправність чи наближається прогнозований термін появи несправності [3].

У зв'язку з вищевикладеним виникає необхідність розробки приладів та методів моніторингу технічного стану АД. Дані прилади повинні забезпечувати контроль та діагностику стану АД, що знаходиться в робочому стані, в автоматичному режимі безперервно. Одним з найбільш складних завдань при розробці таких приладів є вибір методики цифрової обробки сигналів для отримання діагностичної інформації з вимірювань та прийняття рішення про

технічний стан АД.

На сучасному електрорухомому складі залізниць на електрорухомому складі найбільше застосування знайшли тягові приводи з векторним керуванням. Пропонується доповнити систему тягового приводу електрорухомого складу з векторним керуванням модулем обробки сигналів на вирішення завдань контролю та діагностики технічного стану АД, структурна схема якого зображена на рисунку.

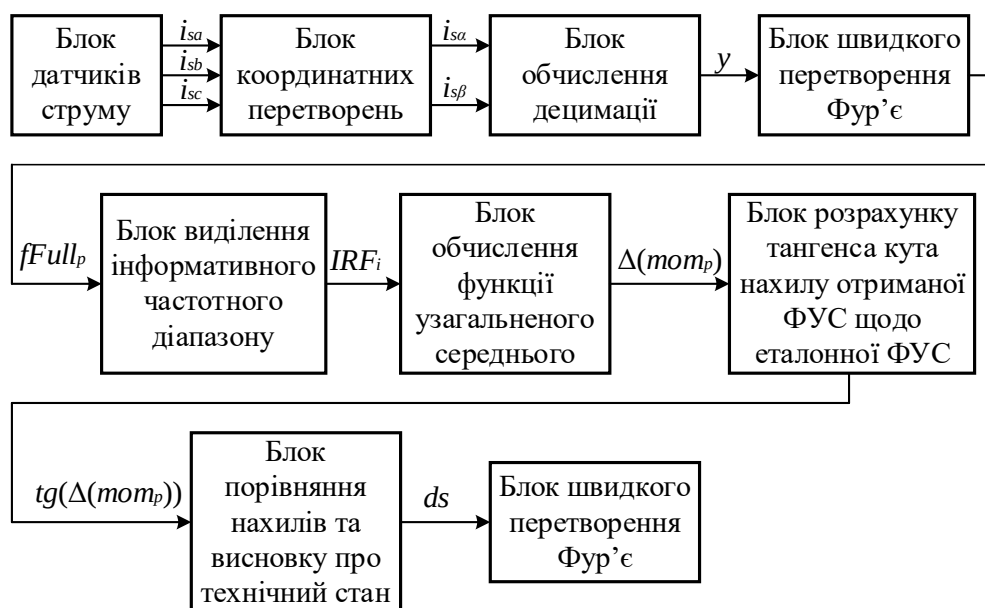


Рисунок – Структурна схема модуля обробки сигналів для вирішення завдань контролю та діагностики технічного стану АД

За допомогою «Блоку датчиків струму» вимірюються значення статорних струмів АД. Виміряні значення статорних струмів надходять до «Блоку координатних перетворень», де сигнали статорних струмів із системи ABC координат перетворюються до $\alpha\beta$ координат. Координата α відповідає дійсній частині просторового вектору статорних струмів, а координата β – уявній частині.

Дійсна та уявна частина просторового вектору статорного струму АД надходять до «Блоку децимації», де отримується вектор спостереження y .

Вектор спостереження надходить до «Блоку швидкого перетворення Фур'є», де обчислюється повний спектр. Отримані частоти з «Блоку швидкого перетворення Фур'є» надходять до «Блоку виділення інформативного частотного діапазону», де інформативний частотний діапазон.

На основі розрахованого інформативний частотний діапазон в «Блоці обчислення функції узагальненого середнього» розраховується функція узагальненого середнього для АД, що тестується. На основі отриманої функції

узагальненого середнього (ФУС) двигуна, що тестується, в «Блоці розрахунку тангенса кута нахилу отриманої ФУС щодо еталонної ФУС», розраховується тангенс кута нахилу отриманої ФУС щодо еталонної ФУС. Отримане значення тангенса кута нахилу отриманої ФУС щодо еталонної ФУС надходить до «Блоку порівняння нахилів та висновку про технічний стан» на основі результатів порівнянь нахилів ФУС двигуна, що тестується та еталонної робиться висновок про наявність, або відсутність несправностей в АД, що тестується. Результат у вигляді діагностичного сигналу ds надходить до блоку індикації. Якщо $ds = 0$ – несправності в АД відсутні, якщо $ds = 1$ – в АД є присутні дефекти, викликані несправностями ротора, чи ексцентриситетом.

Висновок. Запропонований метод діагностування ексцентриситету і дефектів стрижня ротора в асинхронних тягових двигунах, оснований на модифікованому методі моментів дробового порядку, дозволить вирішити завдання контролю та діагностики технічного стану тягових асинхронних електродвигунів у складі тягових приводів електровозу.

Л і т е р а т у р а

1. Trianni, A., Cagno, E., & Accordini, D. (2019). Energy efficiency measures in electric motors systems: A novel classification highlighting specific implications in their adoption. *Applied Energy*, 252, 113481. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113481>.
2. De Almeida, A., Fong, J., Brunner, C. U., Werle, R., & Van Werkhoven, M. (2019). New technology trends and policy needs in energy efficient motor systems-A major opportunity for energy and carbon savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115, 109384. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109384>.
3. Dehina, W., Boumehraz, M., & Kratz, F. (2021). Detectability of rotor failure for induction motors through stator current based on advanced signal processing approaches. *International Journal of Dynamics and Control*, 9(4), 1381-1395. <https://doi.org/10.1007/s40435-021-00765-9>.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ПІДГРІВУ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Горда В.В. – бакалавр, vadym.horda@st.pdaa.edu.ua
Семенов А.О. – к.ф.м.н., доцент, anatolii.semenov@pdau.edu.ua
Полтавський державний аграрний університет
Україна, м. Полтава

METHODS FOR CALCULATING THE EFFICIENCY OF SOLAR COLLECTORS FOR WATER HEATING BASED ON THE REGION OF UKRAINE

Horda V.V. – bachelor, vadym.horda@st.pdaa.edu.ua
Semenov A.O. – Ph.D., Associate Professor, anatolii.semenov@pdau.edu.ua
Poltava State Agrarian University
Ukraine, Poltava

Abstract. *In modern conditions, there is a growing demand for energy. One of the ways to utilize solar energy is by installing solar collectors. Such rational use of natural resources contributes to the preservation of nature and the environment. As a result of conducted research, it was determined that for a family of three residing in the city of Poltava, it is necessary to install 94 solar collector tubes to meet their hot water needs (150 liters per day). This calculation, though approximate, can serve as reference information for those considering the installation of a solar system.*

Keywords: *solar energy, renewable sources, solar collector, efficiency*

В сучасних умовах попит на енергію стрімко зростає, і стандартні джерела не можуть впоратися з цим попитом. Відновлювані джерела, такі як сонячна енергія, набувають важливості через свою достатність та потенціал задовольнити попит на використання енергії [1]. Одним із таких напрямків – це використання сонячних колекторів.

Сонячний колектор - це важливий елемент систем використання сонячної енергії, які можуть значно вплинути на сталість енергопостачання та збереження довкілля. До переваг використання сонячних колекторів слід віднести ряд чинників [2]: екологічність енергії (сонячні колектори використовують енергію сонця, що є безкоштовною та екологічно чистою, відсутність шкідливих викидів та не сприяють зміні клімату); зменшення витрат на енергію (використання сонячних колекторів може значно зменшити рахунки за електроенергію або газ); надійна і тривала служба (сонячні колектори мають мало рухомих частин і можуть працювати протягом десятиліть з мінімальним обслуговуванням); автономність (сонячні колектори можуть бути встановлені у віддалених районах, надаючи можливість автономного електропостачання).

Крім того сонячні колектори мають і недоліки. Відомо, що ефективність їхньої роботи залежить від сонячної радіації. Так вночі, під впливом хмар або під час дощу ефективність зменшується. Слід відзначити і високу початкову вартість встановлення сонячних колекторів.

Загалом, сонячні колектори мають значні переваги з точки зору сталого розвитку і зменшення залежності від природного палива. Тому вибір сонячних колекторів повинен враховувати конкретні потреби і умови проекту.

Актуальність дослідження обумовлена переходом до відновлюваних джерел енергії з використанням сонячного світла та боротьбою з глобальними викликами кліматичних змін і забрудненням навколишнього середовища.

Мета роботи - розрахунок ефективності сонячних колекторів для підігріву води в залежності від технічних параметрів сонячного колектора.

Найбільш простим і дешевим способом використання сонячної енергії є геліосистема для нагрівання води. Вона складається з плоских сонячних колекторів, які збирають тепло від сонця та передають його до бойлера, де вода нагрівається до потрібної температури. Геліосистема може бути автономною або підключеною до електричної мережі. У першому випадку, отримана гаряча вода зберігається в бойлері та використовується для потреб споживача. У другому випадку, система може мати додатковий електричний нагрівач, який допомагає підтримувати температуру гарячої води в бойлері. Сама геліосистема для нагрівання води є екологічно чистим та енергоефективним рішенням, дозволяє зменшити використання енергії звичайного електричного бойлера та знизити викиди в атмосферу шкідливих речовин.

Конструктивно плоский сонячний колектор (рис.1) є теплоізованим з тильного боку і боків. В середині якого поміщена теплопоглинальна металева або пластикова панель, яка покрита спеціальним оптичним селективним покриттям, що добре поглинає сонячне випромінювання і мало випромінює в інфрачервоному спектрі).

Абсорбер закритий згори світлопрозорим склом або прозорим пластиком, що є стійким до впливу ультрафіолету. Панель є теплообмінником, по каналах якого прокачується вода, що нагрівається. Вода прямує в теплоізований бак, гідравлічно-сполучений з сонячним колектором. Кількість нагрітої води залежить від багатьох чинників, але в першу чергу від сонячного випромінювання, вхідної температури води, параметрів сонячної панелі і т.д. Для встановлення факторів впливу, здійснимо не складні математичні розрахунки сонячних колекторів для підігріву води.

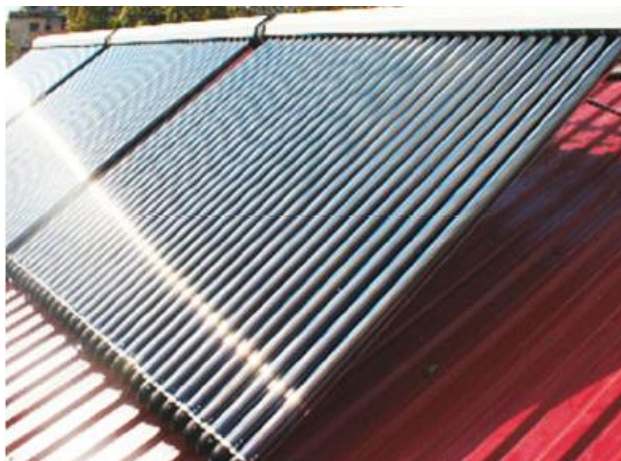


Рис. 1 – Плаский сонячний колектор

Здійснимо розрахунок кількості трубок для сім'ї з трьох чоловік, що проживають в м. Полтава, при середньодобовій потребі $V = 50$ л на кожного члена сім'ї. Середня температура води, що входить, складає $t_{\text{вх}} = 10$ °С, необхідна кінцева температура $t_{\text{к}} = 60$ °С; здатність поглинання енергії сонця сонячним колектором складає $H=75\%$, площа поглинання $S_{\text{пл}} = 0,05$ м².

Визначаємо об'єм ємності нагрівача:

$$V_{\text{н}} = 1,5 \cdot (n \cdot V_{\text{п}}) = 1,5 \cdot (3 \cdot 50) = 225 \text{ м}^3, \quad (1)$$

де $V_{\text{н}}$ – об'єм колектора ємності; $V_{\text{п}}$ – середньодобова потреба кожного члена сім'ї.

Визначаємо температурний перепад:

$$T_{\text{п}} = t_{\text{к}} - t_{\text{п}} = 60^0 - 10^0 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де $t_{\text{к}}$ – кінцева температура води; $t_{\text{п}}$ – початкова температура води;

Розраховуємо кількість енергії W , необхідної для нагрівання потрібної кількості води з урахуванням того, що для нагріву одного літра води на один градус потрібно витратити енергію рівну 1 ккал.

$$W = V_{\text{н}} \cdot T_{\text{п}} = 225 \cdot 50 = 11250 \text{ ккал} \quad (3)$$

Для переведення цієї енергії в кВт·год скористаємося наступною формулою (1 кВт · год = 859,8 ккал):

$$W_{\text{в}} = W / 859,8 = 11250 / 859,8 = 13,08 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4)$$

Визначимося з кількістю енергії, яка може поглинатися і перетворюватися в тепло сонячними колекторами. Середньомісячне значення сонячної радіації для міст України наведено в [3]. Для м. Полтава значення сонячної радіації складає $G=3,1$ кВт · год/м²/день.

Розраховуємо кількість енергії, здатну акумулюватися однією трубкою сонячного колектора за формулою:

$$G_{\text{трубки}} = G \cdot H \cdot S_{\text{пл}} = 3,1 \cdot 0,75 \cdot 0,06 \approx 0,14 \text{ кВтгод/день} \quad (5)$$

Визначаємо необхідне число трубок: $N = W_v / G_{\text{труби}} = 13,08 / 0,14 = 94$ шт.

В результаті проведених досліджень, кількість трубок сонячного колектора, враховуючи кількість води, необхідної для одного члена сім'ї (50 літрів на добу при температурі 60°C) і загальну кількість членів сім'ї (3), обчислено. Для задоволення їхніх потреб потрібно 150 літрів гарячої води на добу. Таким чином, для цієї сім'ї рекомендується встановити приблизно 94 трубки сонячного колектора. Цей показник умовно-наближений і залежить від ряду чинників, які впливають на кінцевий результат. Проте за рахунок проведених розрахунків можна здійснити приблизний розрахунок.

Інвестиція в геліосистему може здатися великою витратою в початковий період, але з часом вона забезпечить значну економію на оплаті гарячої води. Система споживатиме безкоштовну сонячну енергію, що дозволить знизити витрати на електроенергію або газ для нагріву води.

Висновок. В результаті здійсненого аналізу, використання геліосистеми для нагріву води для сім'ї з трьох чоловік у місті Полтава є розумним рішенням з екологічних, економічних та практичних поглядів. Ця система допоможе зменшити вплив на довкілля, знизити витрати на енергію і забезпечити стабільний доступ до гарячої води для всієї сім'ї.

Л і т е р а т у р а

1. Сахно Т.В., Короткова І.В., Семенов А.О. Люмінесцентні сонячні концентратори для відновлюваних джерел енергії. Використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій : матеріали I Міжнар. наук.-практ. Конф., м. Полтава, 22 трав. 2019 р. Полтава, 2019. С. 74-77.

2. Burke, M.J., Stephens, J.C. Political Power and Renewable Energy Futures: A Critical Review. Energy Res. Social Sci., 2018, 35, pp.78-93.

3. ДСТУ НБВ.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів від пожежі: державний стандарт України [Чинний від 01.11.2011р.]. Вид. офіц. Київ :. Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с. (Інформація та документація).

ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЮ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ БАТАРЕЇ НА СПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ОБ'ЄКТУ

Дзюбенко М.М. – бакалаврант, dzubenkoikita89@gmail.com

Марченко Р.М. – аспірант, r.marchenko@ukr.net

Шавьолкін О.О. – д.т.н., проф., shavolkin@gmail.com

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, м. Київ

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF USE OF PHOTOVOLTAIC BATTERY ENERGY FOR CONSUMPTION DURING THE CALCULATION OF THE OBJECT POWER SUPPLY SYSTEM

Dzubenko M.M. – bachelor's student, dzubenkoikita89@gmail.com

Marchenko R.M. – Postgraduate student, r.marchenko@ukr.net

Shavolkin O.O. – Doctor of Technical Science, Professor, shavolkin@gmail.com

Kyiv National University of Technology and Design
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The possibility of reducing electricity consumption from a grid while increasing the degree of energy use of a hybrid photovoltaic system with a battery for self-consumption of the object without overestimating the power of the photovoltaic battery is analyzed. The technique for assessing the expected degree of reduction in energy consumption from a grid and the use of photovoltaic battery energy for the adopted consumption schedule of an object based on archival generation data for 5 years for a location point has been refined. It is shown that with full use of energy for consumption, the degree of reduction in electricity consumption from the network per year can be increased from 9.5% to 30.7% depending on the installed power of the photovoltaic battery (0.65-1.0). In this case, consumption should increase when generating a photovoltaic battery above a value that ensures the exclusion of electricity consumption from a grid during the day time, including peak hours.*

Keywords: *installed power, photovoltaic battery, self-consumption, consumption schedule, archival generation data.*

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю коректного визначення потужності фотоелектричної батареї (ФБ) при проектуванні гібридної фотоелектричної системи (ФЕС) для самоспоживання локального об'єкту (ЛО). Проблема підвищення ступеню самоспоживання енергії ФЕС зараз є предметом розгляду багатьох науковців [1].

Метою роботи є вдосконалення техніки вибору встановленої потужності ФБ (P_{PVR}) з урахуванням ступеню використання енергії ФЕС на споживання та оцінкою очікуваного значення ступеня зниження споживання електроенергії k_E з розподільчої мережі (РМ).

Виконано уточнення техніки розрахунку встановленої потужності ФБ [2] для ЛО з самоспоживанням з оцінкою показників за архівними даними генерації

ФБ по дням за період 5 років [3]. Це стосується врахування неповного використання енергії на визначених інтервалах часу. Основним показником оцінювання є k_E . За однієї ставки тарифу $k_E = W_L / W_g$ (W_L і W_g – відповідно, енергія, що споживається навантаженням і, взагалі, ЛО з РМ). Розрахунок здійснювався згідно значенню енергії ФБ W_{PVL} , що забезпечує виключення споживання з РМ в денні години з врахуванням годин пікового споживання. Перевищення добової генерації ФБ W_{PV} значення W_{PVL} визначає енергію, що не може бути використана на споживання ЛО. Виконано розрахунки для прийнятого в роботі [2] графіку навантаження для різних значень $P_{PVR} = 0.65 - 1$ кВт. Визначення k_E здійснено за енергією для всіх днів протягом 5 років.

Проаналізовано доцільність та можливості підвищення ступеню використання енергії ФБ на споживання з врахуванням впливу на значення k_E за цього. Визначені реальні обмеження щодо підвищення споживання. Показано, що підвищення значення k_E за рік можна досягати за рахунок збільшення споживання без збільшення P_{PVR} . Але це стосується періоду високої генерації ФБ, коли $W_{PV} > W_{PVL}$.

Висновки. При використанні уточненої техніки розрахунку показників ФЕС визначено очікувані показники за рік. Для розглянутого конкретного використання повне споживання енергії ФБ при значеннях потужності 0.65 – 1 кВт дозволяє забезпечити підвищення ступеню зниження споживання електроенергії влітку від 1.073 до 1.416 раз, за рік от 1.095 до 1.307 раз. Доцільним є управління споживанням ЛО з врахуванням фактичної генерації ФБ.

Л і т е р а т у р а

1. Rasmus Luthander, Joakim Widén, Daniel Nilsson, Jenny Palm. Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. Applied Energy, Volume 142, 15 March 2015, Pages 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.028>
2. O. Shavolkin, I. Shvedchykova, J. Romanchenko, R. Marchenko and S. Yakymets, "Installed Power of the Grid-Tied Photovoltaic System with Battery for Self-Consumption of the Local Object," 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005628
3. Photovoltaic geographical information system. [Online]. Available at: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#SA

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГУНА ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ

Заліський Н.Л. – магістрант, zaliskiyn@gmail.com
Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF A SYNCHRONOUS TRACTION MOTOR FOR A HIGH-SPEED ELECTRIC TRAIN

Zaliskyi N.L. – master's student, zaliskiyn@gmail.com
Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The characteristics of the calculation method are the search for the optimal ratio of the geometric parameters of the magnetic system and the configuration of the stator slot. This ratio should meet the requirements for efficient engine operation at nominal, starting and maximum speed. The operating modes were identified on the basis of vector diagrams of the engine, obtained during calculations in the nominal mode and at the maximum speed of rotation. The geometric characteristics of the groove were determined taking into account the data of the motor winding and the current density. The performed calculation of losses and engine efficiency included taking into account losses from higher current harmonics arising from the operation of the semiconductor converter.*

Keywords: *synchronous traction motor, permanent magnets, basic geometric parameters*

Актуальність дослідження. Україна є державою з однією з найрозвинутіших залізничних мереж у світі, обсяг якої становить 22000 км. Залізничний транспорт відіграє ключову роль у перевезенні близько 50% пасажирських та приблизно 80% вантажних перевезень в Україні. Річний обсяг пасажирських перевезень Укрзалізниці складає 400 млн. пасажирів. Проте на сьогоднішній день через зростання конкуренції на ринку транспортних послуг залізничний сектор не в повній мірі відповідає вимогам сучасного суспільства. Основними аспектами, які потребують удосконалення, є якість послуг, зменшення витрат на вантажні перевезення та розробка нових енергозберігаючих технологій. У пасажирському секторі вимагається підвищення швидкості руху поїздів та впровадження ефективних енергозберігаючих технологій. Однією з таких технологій є застосування синхронних тягових двигунів зі збудженням від постійних магнітів [1].

Мета роботи проведення дослідження розробити програмно-алгоритмічний комплекс по розрахунку основних параметрів синхронного тягового двигуна зі збудженням від постійних магнітів.

Сучасні дослідження у галузі електричної тяги активно приділяють увагу синхронним двигунам, які за багатьма показниками виявляють себе більш перспективними в порівнянні з асинхронними двигунами. Інженерні центри, які працюють у даній області, звертають особливу увагу на ці двигуни [1].

Останнім часом великий інтерес викликають дослідження, спрямовані на створення різних типів синхронних двигунів, таких як синхронний двигун з електромагнітним збудженням, синхронний двигун з збудженням від постійних магнітів, реактивно-індукторний двигун, та двигун з поперечним полем. Кожен з цих типів має свої переваги в залежності від типу транспортного засобу і потужності.

На основі проведеного аналізу для подальших досліджень обрано синхронний двигун з збудженням від постійних магнітів. Розроблено програмно-алгоритмічний комплекс для проектування такого тягового синхронного двигуна, що включає методику розрахунку, алгоритм та програму для виконання розрахунків [2].

Характеристиками розрахункового методу є пошук оптимального співвідношення геометричних параметрів магнітної системи та конфігурації пазу статора. Це співвідношення повинно задовольняти вимогам ефективної роботи двигуна в номінальному, пусковому та при максимальній частоті обертання. Режими роботи ідентифікувалися на основі векторних діаграм двигуна, отриманих при розрахунках в номінальному режимі та при максимальній швидкості обертання. Геометричні характеристики пазу були визначені враховуючи дані обмотки двигуна та щільність струму.

Проведений розрахунок втрат та ККД двигуна включав врахування втрат від вищих гармоній струму, що виникають внаслідок роботи напівпровідникового перетворювача [3].

Висновок. Розроблено програму для розрахунку параметрів тягового двигуна. Ця програма дозволяє визначити оптимальні параметри магнітної системи, обмотувальних даних, параметрів повітряного зазору та постійного магніту, які відповідають усім вимогам роботи тягового двигуна в різних режимах. Крім того, вона розраховує втрати та ККД в цих режимах.

Л і т е р а т у р а

1. Любарский Б. Г. Зюзин Д. Ю. Демидов А. В. Глебова Т. В. Рябов Е. С. Уточнённый расчёт угловой характеристики тягового синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов для электропоезда. Вісник Національно-го технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків: НТУ «ХПІ».

2007. №36. С.121-123.

2. Любарский Б. Г., Демидов А. В., Т. В. Парфенюк, М. Л. Глебова. Идентификация параметров синхронного электромеханического преобразователя энергии с возбуждением от постоянных магнитов. Світлотехніка та електроенергетика. 2014. № 3-4 (39-40). С. 62-70.

3. Liubarskyi B., Demydov O., Yeritsyan B., Nuriiev R., Iakunin D.. Determining electrical losses of the traction drive of electric train based on a synchronous motor with excitation from permanent magnets. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2018. № 2/9 (82). P. 29–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127936>.

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ

Мошківський Є.М. – магістрант, eug.faiberg@gmail.com

Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net

*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

STUDY OF RATIONAL MODES OF OPERATION OF THE SYNCHRONOUS TRACTION DRIVE OF A HIGH-SPEED ELECTRIC TRAIN

Moshkivskiy Y.M. – master's student, eug.faiberg@gmail.com

Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net

*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. Based on the results of the research, a rational algorithm for controlling the electric motor was determined, including the following modes: maximum traction force, maximum regenerative braking force, coasting, traction with maximum efficiency and regenerative braking with maximum efficiency.

The dependence of the energy indicators of the electromechanical converters of the synchronous motor with excitation from permanent magnets for these modes of operation, taking into account their temperature, was obtained. The modes of operation of the traction drive of a high-speed electric train on a track section with a synthesized profile for high-speed movement are also defined.

Keywords: synchronous traction motor, permanent magnets, basic geometric parameters, modes of work

Актуальність дослідження. Проблема розвитку швидкісного та екологічно чистого наземного транспорту є національним викликом. Її ефективне

вирішення сприяло б значному удосконаленню системи перевезень пасажирів по головних напрямках залізничної мережі. Це, в свою чергу, призвело б до зростання обсягів перевезень пасажирів, зменшення потреби в парку рухомого складу та підвищення престижу вітчизняних залізниць та країни в міжнародному вимірі.

Але на сучасний момент через зростання конкуренції на ринку транспортних послуг залізничний сектор не в повній мірі відповідає сучасним вимогам суспільства. Головними аспектами, які потребують вдосконалення, є якість наданих послуг, зниження витрат на вантажні перевезення та впровадження новітніх енергозберігаючих технологій. У секторі пасажирських перевезень вимагається підвищення швидкості руху поїздів та впровадження ефективних енергозберігаючих технологій. Однією із таких технологій є використання синхронних тягових двигунів із збудженням від постійних магнітів [1].

Мета роботи проведення дослідження визначити раціональних режимів роботи синхронного тягового приводу швидкісного електропоїзду.

Синхронні двигуни, які, за деякими показниками, перевершують асинхронні аналоги і зараз привертають увагу передових інженерних центрів у галузі електричної тяги, набувають значущості.

Установлено залежність Коефіцієнт корисної дії (ККД) приводу та синхронного двигуна з постійним магнітним збудженням в режимах просторово-векторної та однократної широтно-імпульсної модуляції при оптимальному поєднанні кута навантаження та коефіцієнта модуляції. Слід відзначити плавний характер залежності ККД у режимі просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції, в той час як у режимі гальмування при частоті обертання приблизно 2140 об/хв спостерігається різкий спад, пов'язаний із зростанням електромагнітних втрат в тяговому двигуні внаслідок збільшення амплітуди вищих гармонійних струмів статора.

При обертах понад 4130 об/хв та моменті більше 1500 Нм відзначається зона обмеження струмом, де ККД має нульове значення як для режиму тяги, так і для режиму гальмування [2].

Режим однократної широтно-імпульсної модуляції відзначається великою областю, в якій відсутнє рішення, що пояснюється неможливістю налагодження напруги в цьому режимі. ККД приводу в режимі однократної широтно-імпульсної модуляції знаходиться вузькій зоні при максимальних значеннях потужності тягового двигуна і перевищує ККД при постійній напрузі шириною, що пояснюється вищою напругою живлення тягового двигуна. Кут навантаження при регулюванні знаходиться в діапазоні $59\text{--}68^\circ$ у режимі тяги і $65\text{--}68^\circ$ у режимі гальмування. Він різко знижується у гальмівному режимі при

низьких частотах обертання, що пояснюється потребою утримання заданого гальмівного моменту. Аналогічно синхронному двигуну з постійним магнітним збудженням, ККД електроприводу зменшується при підвищенні температури обмоток, і його характер залежності залишається незмінним. Розроблена математична модель і програмно-алгоритмічний комплекс для визначення кривих руху потягу базуються на розв'язанні тягової задачі. Його особливістю є визначення режимів роботи електромеханічних перетворювачів за допомогою векторної функції ефективності і облік їх теплового стану.

За результатами досліджень було визначено раціональний алгоритм управління електричним рушієм включає режими: максимальної сили тяги, максимальної сили рекуперативного гальмування, вибігу, тяги з максимальним ККД і рекуперативного гальмування з максимальним ККД [3].

Висновок. Отримана залежність енергетичних показників електромеханічних перетворювачів синхронного двигуна з збудженням від постійних магнітів для цих режимів роботи з урахуванням їх температури. Також визначені режими роботи тягового приводу швидкісного електропоїзда на ділянці колії з синтезованим профілем для швидкісного руху.

Л і т е р а т у р а

1. Демидов О.В. Перспективи застосування тягових синхронних двигунів зі збудженням від постійних магнітів у приміському залізничному сполученні. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей 20-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2012 (м. Харків, 15-17 травня 2012 р.). Харків: НТУ «ХПІ», 2012. С. 163

2. Любарский Б.Г., Демидов А.В.. Имитационное моделирование тягового привода мотор-вагонного подвижного состава в среде MATLAB SIMULINK. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Харків: НТУ «ХПІ», 2013. № 31. С. 94-100.

3. Liubarskyi B., Demydov O., Yeritsyan B., Nuriiev R., Iakunin D.. Determining electrical losses of the traction drive of electric train based on a synchronous motor with excitation from permanent magnets. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2018. № 2/9 (82). P. 29-39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127936>.

МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ТРИСМУГОВИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ШИН РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Посилін В.К. – бакалаврант, posylinslava@gmail.com
Кириченко О.С. – к.т.н., доцент, oskyrychenko@gmail.com
Київський інститут водного транспорту
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

MODELLING OF STATIONARY THERMAL FIELD OF THREE-LANE CONDUCTIVE BUSBARS OF SWITCHGEARS

Posylin V.K. – bachelor's student, posylinslava@gmail.com
Kyrychenko O.S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
oskyrychenko@gmail.com
Kyiv Institute of Water Transport
named after Hetman Peter Konashevich-Sagaidachny
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *This paper presents the results of modelling the stationary thermal field of three-lane conductive busbars in switchgears, taking into account heat dissipation due to free convection. Such conductive busbars are used for high current loads and are packages of two or three lanes per phase. It should be taken into account that the proximity of the lanes in the same package causes uneven current distribution between them. It has been observed that a high load falls on the outermost lanes and a lower load on the middle lanes. The peculiarity of three-lane packages is that about 40 % of the total phase current flows in the outermost lanes and only 20 % of the total phase current flows in the middle lanes.*

Keywords: *modelling, thermal field, temperature, busbars, switchgears*

Актуальність дослідження пов'язана з моделюванням електротеплових процесів в трисмугових струмопровідних шинах розподільних пристроїв транспортної інфраструктури із застосуванням сучасних методів комп'ютерного моделювання.

Метою роботи є моделювання стаціонарного теплового поля трисмугових струмопровідних шин розподільних пристроїв в усталених неаварійних режимах роботи.

Питання надійного електропостачання та програмна реалізація методів розрахунку та аналізу електричних кіл залишаються важливими [1, 2]. При великих струмових навантаженнях застосовують багатосмугові струмопровідні шини, які представляють собою пакети з двох або трьох смуг на фазу. При цьому слід враховувати, що близькість розташування смуг в одному й тому самому

пакеті викликає нерівномірність розподілу струму між ними: велике навантаження припадає на крайні смуги в пакеті і менші – на середні. Наприклад, в трисмуговому пакеті (рис. 1, а) в крайніх смугах протікає біля 40 %, а в середній – тільки 20 % повного струму фази. Це явище, аналогічне явищу поверхневого ефекту в одному провіднику, робить недоцільним застосування більш ніж трьох смуг струмопровідних шин при змінному струмі.

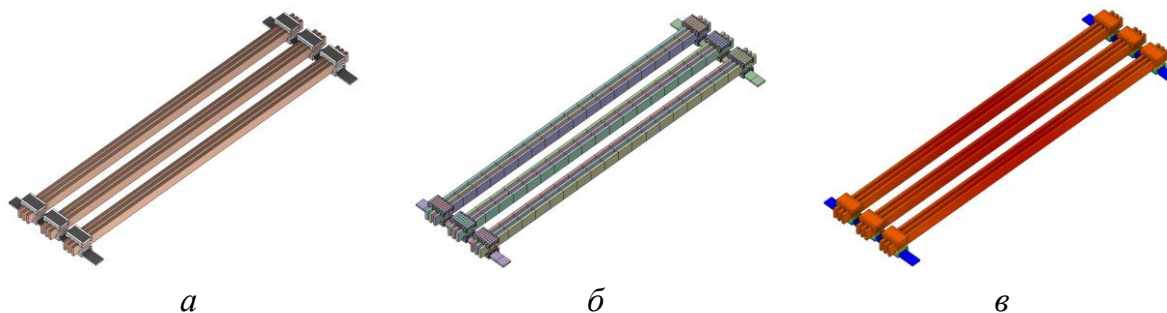


Рис. 1 – Струмопровідні трисмугові струмопровідні шини:
а – геометрична модель; б – розрахункова кінцево-елементна модель;
в – розподіл стаціонарного теплового поля при робочому струмі 500 А
в діапазоні температур t [20; 30,2] °С

В математичній фізиці температурним полем називають сукупність значень температури в певний момент часу для всіх точок простору, в якому відбуваються процеси. Стаціонарне теплове поле, яке відповідає усталеному тепловому режиму, можна описати наступними математичними рівняннями:

$$t=f(x, y, z); \partial t/\partial \tau \neq 0,$$

де x, y, z – координати в просторі; t, τ – відповідно температура та час.

Більшість формул і законів теорії теплообміну в багатьох випадках даються стосовно стаціонарного режиму, оскільки математичний опис теплообміну при нестационарному режимі надзвичайно складний і знайдений тільки для деяких, відносно простих, випадків теплопередачі. Розрахункові математичні моделі трисмугових струмопровідних шин можна розрахувати чисельним методом розрахунку [3, 4] або аналітично [5].

В проведеному дослідженні на основі створених просторових геометричних моделей (рис. 1, а) трисмугових струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу 60×15 мм довжиною 2 м побудовано їх розрахункові кінцево-елементні моделі (рис. 1, б). Відстань між смугами в пакеті трисмугових шин при цьому становила 15 мм, а міжфазна відстань між шинами – 90 мм. Трисмугові струмопровідні мідні шини за допомогою шести ізоляторних полімерних кріплень з поліетилену було зафіксовано на сталевих планках. Температуру навколишнього середовища було прийнято рівною 20 °С. В якості електротехнічних матеріалів для струмопровідних металевих шин

використовують сталь, мідь та алюміній. На засобах водного транспорту через ряд суттєвих переваг, як правило, використовуються струмопровідні шини з міді [3].

За результатами розрахунку отримано розподіл стаціонарного теплового поля та основні параметри величин електротеплового розрахунку. Максимальний температурний нагрів трисмугових струмопровідних мідних шин при силі робочого струму 500 А становив 30,2 °С. Розрахунок проводився з урахуванням розсіювання теплоти в оточуюче середовище при вільній конвекції. Стаціонарне теплове поле (рис. 1, в) по трисмуговим струмопровідним шинам розподілено відносно рівномірно, деяка незначна нерівномірність помітна в місцях кріплень через передачу теплопровідністю тепла на сталеві планки.

Висновок. В результаті проведеного дослідження на основі створених математичних моделей чисельно розраховано трисмугові струмопровідні мідні шини прямокутного перерізу 60×15 мм довжиною 2 м. Відстань між смугами в пакеті трисмугових шин при цьому становила 15 мм, а міжфазна відстань між шинами – 90 мм. Отримано розподіл стаціонарного теплового поля та основні параметри величин електротеплового розрахунку. При силі робочого струму 500 А максимальний температурний нагрів становив 30,2 °С.

Л і т е р а т у р а

1. Шкрабець Ф.П. Електропостачання / Ф.П. Шкрабець. Дніпропетровськ: НГУ, 2015. 540 с.
2. Рябенський В.М. Програмна реалізація методів розрахунку та аналізу електричних кіл: навчальний посібник / В.М. Рябенський, О.О. Ушкаренко, М.Я. Островерхов, Аль-Суод Махмуд М.С. Миколаїв: НУК, 2021. 462 с.
3. Тараненко С.В. Моделювання стаціонарного теплового поля струмопровідних шин суднових ГРІЩ / С.В. Тараненко, О.С. Кириченко, В.В. Колесник, В.І. Костюченко, С.В. Пріступа, О.В. Пастух, С.М. Голубєва. Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. К.: ДУІТ, 2021. Випуск 3 (34). С. 13-21.
4. Кириченко О.С. Моделювання стаціонарних теплових полів струмопровідних шин різного профілю / О.С. Кириченко, В.І. Костюченко, Д.О. Захаров. Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК: науково-технічний журнал. Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2017. № 1 (6). С. 60-63.
5. О. Kyrychenko. Simulation of electromagnetic field characteristics for metal conductive buses with rectangular cross-section. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал. Миколаїв: МНАУ, 2017. Вип. 1 (93). С. 171-180.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАМВАЮ З АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ПРИВОДОМ

Рибчич І.М. – магістрант, rubchuch2000@gmail.com
Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

RESEARCH OF COOLING SYSTEM OF A TRAM WITH AN ASYNCHRONOUS TRACTION DRIVE

Rybchych I.M. – master's student, rubchuch2000@gmail.com
Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *The paper is devoted to the optimization of the operating modes of traction systems of the tram in the entire range of rotational frequencies of the asynchronous traction motor when using space-vector and one-time PWM modulation control for the inverter. This was done at different values of the temperature of the motor windings. The final definition of the operating modes of the traction drive - inverter based on the efficiency criterion, depending on the rotational frequencies and temperatures of the motor windings, is proposed. The Hamilton-Jacobi-Bellman method was used to determine the optimal modes of movement of the tram car with asynchronous traction motors on a track section with a given movement schedule. It is proposed to determine the operation modes of the traction drive in advance, solving the task of conditional optimization of its modes. The results of the work can be used in the process of modernization of tram cars.*
Keywords: *tram, induction traction motor, thermal operation modes.*

Актуальність дослідження. Однією з ключових сфер економіки будь-якої країни, яка має особливий соціальний вектор, є галузь міського громадського транспорту. Ця галузь повинна відповідати зростаючим потребам населення, сприяти підвищенню продуктивності праці та розвитку міста.

В світовій практиці особлива увага приділяється пріоритетному розвитку міського електротранспорту. За даними Міжнародного союзу громадського транспорту, більше як у 100 країнах світу плануються, будуються або реконструюються трамвайні і тролейбусні лінії. При цьому особлива увага приділяється використанню передових технологій, які дозволяють підвищувати швидкість і комфорт руху, знижувати рівень шуму та інші негативні впливи на природне середовище. За результатами наукових досліджень щодо розвитку міського електротранспорту та проектування міст в Україні, потреба у створенні систем міського електротранспорту існує не менше ніж у 12 містах з населенням понад 100 тис. людей.

У багатьох містах України міський електричний транспорт відіграє пріоритетну роль в обслуговуванні населення. Його частка становить від 42 до 65 % загального обсягу міських пасажироперевезень. Головну роль в цих перевезеннях у багатьох великих містах відіграє рейковий міський транспорт такий як трамвай. Головним елементом, що забезпечує ефективність роботи трамваю є тяговий привод та його головний елемент – тяговий двигун.

Процеси енергетичного перетворення у тягових двигунах трамвайних вагонів включають втрати енергії в конструктивних елементах, які виникають через фізичні процеси при енергетичному перетворенні. Збільшення температури елементів конструкції тягових двигунів з часом роботи може перевищити допустимі конструктивні обмеження, особливо стосовно температури ізоляції обмоток двигуна, яка обмежена класом використаної ізоляції. Для зниження температури в елементах конструкції двигунів використовують системи охолодження, що підвищують ефективність теплообміну елементів конструкції за допомогою вентиляції повітрям, водою чи мастилом. Однак системи охолодження потребують додаткових витрат для ефективної роботи, що в свою чергу зменшує коефіцієнт корисної дії двигуна та електротранспортного засобу взагалі, а також підвищує рівень шуму. Таким чином, створення ефективної системи охолодження електротранспортного засобу є однією з актуальних науково-технічних проблем залізничного транспорту.

Мета: провести дослідження системи охолодження трамваю з асинхронним тяговим приводом та режимів роботи приводу трамвайного вагону.

Визначено, що трамвай представляє собою відмінний зразок трамвайного вагону з асинхронним тяговим двигуном (АТД). Відсутність елементів силової комутації та колекторно-щіткового вузла робить цей вагон дуже надійним у вимогах експлуатації. Завдяки системі рекуперації під час гальмування, визначається як найбільш енергоефективний трамвайний вагон. Використання передових засобів діагностики суттєво спрощує завдання водія та обслуговуючого персоналу. Крім того, можливість автономного руху додає зручності для водія, оскільки тепер вагон може самостійно зупинятися під відрізками контактної мережі без необхідності буксирування іншим транспортним засобом.

Визначення оптимальних режимів функціонування асинхронного тягового приводу включає наступні етапи [1]:

- введення критерію ефективності, який для режимів максимальної сили тяги та рекуперативного гальмування визначається силою тяги, а в інших режимах роботи тягового приводу — ККД ;

- вибір параметрів для оптимізації, таких як коефіцієнт модуляції, який визначає напругу в інверторі та ковзання ротора, що може впливати на ККД та силу тяги;

- урахування багатоекстремальності задачі оптимізації і використання комбінованого методу, включаючи глобальний пошук генетичним алгоритмом, а також завершальний етап із застосуванням методу Нелдера-Міда;

- проведення оптимізації режимів роботи тягових приводів трамвая на весь діапазон частот обертання АТД при використанні просторово-векторної та однократної широтно-імпульсної модуляції автономного інвертора напруги при різних температурах обмоток двигуна;

- запропоновано завершальний етап визначення оптимальних режимів роботи ланки АТД – автономного інвертора напруги на основі критерію ефективності, враховуючи частоту обертання та температуру обмоток двигуна.

Оптимальні режими руху трамвайного вагону з асинхронними тяговими двигунами для визначеної ділянки колії з урахуванням заздалегідь визначених графіків руху базуються на методі Гамільтона-Якобі-Беллмана. Запропоновано проводити передбачення режимів роботи тягового приводу заздалегідь, вирішуючи задачу умовної оптимізації його параметрів [2].

Під час руху трамвайного вагону на визначеній ділянці колії отримані наступні результати: витрати енергії складають 18,56 кВт·год, час руху — 1098 сек., що відповідає середній швидкості 40,1 км/год. при заданій середній швидкості 40 км/год. Характер сили тяги має пульсуючий характер, що необхідно для утримання заданої швидкості руху.

Розроблена методика оптимізації параметрів вентилятора тягового асинхронного двигуна, що рухається на заданій ділянці колії і має визначений профіль та графік руху. Основні особливості цієї методики включають [3]:

- Методика ґрунтується на розв'язанні задачі умовної мінімізації за критерієм економічної ефективності системи охолодження, застосовуючи метод Вейля із застосуванням узагальненого золотого перетину.

- У якості параметрів для оптимізації обрані такі характеристики, як зовнішній діаметр та ширина лопатки.

- Аналіз системи охолодження тягових двигунів ґрунтується на моделюванні теплових режимів АТД за допомогою узагальненої еквівалентної теплової схеми.

- Встановлено, що в порівнянні з базовою конструкцією ефективність системи охолодження зросла на 28,4%, що відповідає зниженню запропонованого критерію ефективності. Оптимальний зовнішній діаметр вентилятора становить 312,26 мм, а ширина лопатки - 15,8 мм.

Висновок. В результаті проведеного аналізу, на основі розрахунку роботи АТД з удосконаленням вентилятором виявлено, що найвища температура перегріву спостерігається в передній частині обмотки статора. Її температура становить 139,6 °С на протязі 3363 секунд з моменту початку руху і залишається в межах припустимих значень, не перевищуючи 140 °С.

Л і т е р а т у р а

1. Liubarskyi, B., Petrenko, A., Iakunin, D., & Dubinina O. (2017). Optimization of thermal modes and cooling systems of the induction traction engines of trams *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies and computer systems Engineering technological systems.*, 2017, 3/9(87) 59-67
2. Petrenko, O. M., Domanskyi I. V., Liubarskyi, B. G. (2016). Metodika optimizatsiyi rezhimiv roboti asinhronnogo tyagovogo privodu ruhomogo skladu. *Mekhanika ta mashynobuduvannia*, 1, 59-67.
3. Petrenko, O. M., Liubarskyi, B. G., Glebova, M. L. (2017). Matematychna model teplovogo stanu tiagovykh asynkhronnykh dvyguniv tramvainykh vagoniv. *Systemy upravlinnia, navigatsii ta zviazku*, 2(42), 43-47.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ НАХИЛУ КУЗОВА ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ

Рязанцева О.І. – магістрант, Ryazantseva_O_I@ukr.net
Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

STUDY OF LINEAR ELECTROMECHANICAL DRIVE OF BODY TILT OF ELECTRIC TRAIN

Ryazantseva O.I. – master's student, Ryazantseva_O_I@ukr.net
Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. A simulation model has been developed for the analysis of the processes of electromechanical energy conversion in the body tilting system. This model allows you to study the influence of system parameters on its working properties. The uniqueness of this simulation model is the use of a package for representing the electrical part, which includes power electronics modules and standard elements for system simulation. Coefficients of backEMF, differential inductance and electromagnetic force are modeled by polynomial functions. The mechanical part of the drive is implemented using the mechanical systems

simulation module, using 11 bodies. The mass and inertial parameters of the bodies are obtained through the three-dimensional modeling environment

Keywords: *linear electromechanical drive, simulation model, tilt of electric train*

Актуальність дослідження. Підвищення швидкості руху можна здійснити за допомогою систем нахилу кузовів. Цей метод здається менш витратним, оскільки новий рухомий склад можна впроваджувати поступово, замінюючи існуючий по мірі його фізичного та морального зношування. Успішна експлуатація технології нахилу кузовів для швидкісного пасажирського руху підтверджена у 15 країнах світу, де використовують понад 60 типів поїздів, створених 10 провідними світовими виробниками. Для силового приводу систем нахилу кузовів цих поїздів використовуються гідравлічні, пневматичні та електромеханічні системи.

Тобто дослідження електромеханічних систем, які забезпечують привід механізму нахилу кузовів швидкісних поїздів та оцінка впливу таких систем на експлуатаційні характеристики цих поїздів, є актуальним.

Мета полягає в вивченні електромеханічної системи, яка забезпечує безпосередній привід на основі лінійного двигуна механізму нахилу кузовів швидкісних поїздів.

Розроблено імітаційну модель для аналізу процесів електромеханічного перетворення енергії в системі нахилу кузовів. Ця модель дозволяє досліджувати вплив параметрів системи на її робочі властивості. Унікальність даної імітаційної моделі полягає у використанні пакету для представлення електричної частини, що включає модулі силової електроніки та стандартні елементи щодо моделювання систем. Коефіцієнти при протиЕРС, диференціальна індуктивність та електромагнітна сила моделюються поліноміальними функціями. Механічна частина приводу втілена за допомогою модуля моделювання механічних систем, з використанням 11 тіл. Масові та інерційні параметри тіл отримані через середовище тривимірного моделювання [1].

Використання імітаційної моделі дозволяє достовірно відтворити механічні та електрофізичні процеси, що відбуваються у процесі нахилу кузова екіпажу швидкісних поїздів, свідчаючи про її ефективність. Результати, отримані за допомогою імітаційної моделі, підтверджені фізичними моделями виконавчого механізму та лінійного електродвигуна електромагнітного типу.

Щодо швидкості руху для поїзда з механізмом нахилу, доцільно розглядати діапазон від 0 до 200 км/год, якщо при цьому нахил кузова не перевищує 8° . У випадку потреби в нахилі більше 8° , швидкість повинна залишатися в межах м/с. Збільшення висоти зовнішньої рейки не перевищує 0–0,15 м при даному діапазоні швидкостей [2].

Визначено, що зменшення відстані між шарнірами підвісу призводить до зменшення величини нормальної сили, яка відтягує, тоді як зменшення довжини важеля підвісу призводить до її збільшення.

При розташуванні лінійних двигунів на найбільшому віддаленні від миттєвого центру обертання системи є найбільш вигідним з точки зору максимальної сили, яку можна розвинути.

Висновок. Застосування лінійних двигунів з великим ходом, тобто тих, у яких робочий хід значно перевищує зовнішній радіус корпусу, не дозволяє досягти прийнятних робочих показників. Це пояснюється тим, що сила електромагнітного двигуна зменшується гіперболічно при збільшенні зазору і не може взаємодіяти з кривою навантаження. Для досягнення необхідної сили потрібно витрачати значну енергію. Таким чином, використання лінійних двигунів у розташуванні, що забезпечує мінімум сили при максимумі ходу, є нераціональним через великі енерговитрати.

Л і т е р а т у р а

1. Єріцян Б.Х., Любарський Б.Г., Якунін Д.І. (2016) Моделювання комбінованої системи нахилу кузову швидкісного рухомого складу залізничного транспорту. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 8(2 (80), 4-17
2. Ozulu, A., Liubarskyi, B., Iakunin, D., & Dubinina, O. (2023). Synthesis of an electromechanical system of body tilt and recuperation of vibration energy for a high-speed electric train. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1 (125), 6-14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288897>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА ПРИМІСЬКОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДУ

Савельєв Є.К. – магістрант, Saveliev_Y_K@ukr.net
Любарський Б.Г. – д.т.н., проф., lboris1911@ukr.net
Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ

STUDY OF THE ELECTRO-MECHANICAL SHOCK ABSORBER OF THE SUBURBAN ELECTRIC TRAIN

Saveliev Y.K. – master's student, Saveliev_Y_K@ukr.net
Liubarskyi B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, lboris1911@ukr.net
Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv

Abstract. *In the paper, the proposed structure of the electromechanical shock absorber includes a stator with an axial permanent magnet and an armature with a winding located in a magnetic field. It is noted that this design of the shock absorber provides a constant value of the electromagnetic force in any position of the armature, and its value mainly depends on the electromotive force of the armature winding, which again depends on the speed of the armature and load parameters. According to the research results, the optimal parameters of the electromechanical shock absorber for the suburban electric train, which provides the required mechanical characteristics, have been determined.*

Keywords: *electromechanical shock absorber, chassis, electric train, optimal performance*

Актуальність дослідження. Ходові частини моторвагонного рухомого складу використовуються для напрямку руху екіпажу, передаючи навантаження від кузова на рейку. Конструктивні особливості та умови експлуатації ходової частини залежать від розташування візків. Невід’ємним елементом візків вагонів є система ресорного підвішування ходової частини, чия ефективність залежить від нерівностей шляху та зовнішніх впливів на екіпажну частину електрорухомого складу. Зменшення коливань ходової частини, що впливають на елементи електрорухомого складу та рейкові колії, є важливим аспектом.

Для гасіння коливань, що виникають при русі електрорухомого складу, використовують різні конструкції амортизаторів, таких як гідравлічні, фрикційні та пневматичні. Однак ці амортизатори мають значні недоліки і не дозволяють регулювати параметри при різному навантаженні вагонів залежно від їх призначення. Це підкреслює актуальність проблеми і спонукає до пошуку інших науково-технічних рішень для зменшення цих проблем та підвищення комфортності

Відповідно до світового досвіду, перспективним рішенням є впровадження електромеханічних амортизаторів у ходових частинах електрорухомого складу. Це науково-технічне рішення сприяє підвищенню ефективності роботи ходових частин електрорухомого складу через можливість регулювання сили демпфування. Одночасно це відкриває можливість для рекуперації електричної енергії у мережу, що недоступно при використанні інших типів амортизаторів[1].

Мета роботи проведення дослідження конструкції електромеханічного амортизатору для приміського електропоїзду, що може забезпечити рекуперацію енергії коливань.

В роботі запропонована структура електромеханічного амортизатора включає в себе статор з аксіальним постійним магнітом та якір з обмоткою, розташованою у магнітному полі. Відзначено, що дана конструкція амортизатора забезпечує стаке значення електромагнітної сили в будь-якому положенні якоря, а її величина переважно залежить від електрорушійної сили обмотки якоря, що знову залежить від швидкості руху якоря та параметрів навантаження [2].

Для визначення електромагнітних та електрорушійних сил електромеханічного амортизатора розроблена спрощена математична модель. Модель врахування режими роботи постійного магніту на основі розрахунку магнітного кола. Також модель дозволяє проводити приблизний розрахунок режимів роботи амортизатора та може бути використана для вирішення задачі оптимізації параметрів електроамортизатора електропоїзду.

Перевірено адекватність створеної спрощеної математичної моделі, порівнявши результати розрахунку механічних характеристик амортизатора за цією методикою і методом кінцевих елементів у вісьово-симетричній постановці задачі. Зафіксовано добре збіг результатів розрахунків за спрощеною методикою та шляхом моделювання магнітного поля лінійного двигуна за допомогою методу кінцевих елементів. Максимальне відхилення спрощеної моделі при ходах від 12 мм до 80 мм становить 12,8%, а при ходах від 22 мм до 65 мм – 5,9%, що припустимо для розглянутого класу розрахунків та підтверджує адекватність розробленої моделі. Таким чином, методика та спрощена математична модель, які були запропоновані, вважаються прийнятними та можуть бути застосовані в подальших дослідженнях.

Проведено аналіз геометричних відношень у структурі електромеханічного амортизатора. Визначені геометричні параметри між складовими елементами конструкції, які забезпечують оптимальне та рівномірне магнітне навантаження в елементах магнітопроводу [3].

Внаслідок вирішення завдання щодо оптимізації параметрів амортизатора було встановлено, що оптимальна висота амортизатора практично рівна його

максимальній висоті (0,305 м), а зовнішній діаметр складає 79% від його максимального значення. Поперечний розріз обмотки якоря наближується до форми квадрата (0,094 м х 0,087 м). Товщина постійного магніту становить 46% від товщини обмотки, при цьому його висота перевищує висоту обмотки приблизно вдвічі.

Висновок. За результатами досліджень визначено оптимальні параметри електромеханічного амортизатору для приміського електропоїзду, якій забезпечує потрібні механічні характеристики.

Л і т е р а т у р а

1. Лукашова Н. П., Павленко Т. П. Математична модель розрахунку параметрів електромеханічного амортизатора ходової частини трамваю. *Транспортні системи та технології. Зб. наук. праць*. К. ДУІТ, 2018. Вип. 32-33. С.76-86.
2. Liubarskyi B., Lukashova N., Petrenko O., Pavlenko T., Iakunin D., Yatsko S., Vachchenko Y. Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a subway car. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 4/5 (100). P. 16-25.
3. Liubarskyi B., Lukashova N., Petrenko O., Yeritsyan B., Kovalchuk Y., Overianova L. Procedure for modeling dynamic processes of the electromechanical shock absorber in a subway car. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5/5 (101). P. 44-52.

УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАННЯ АСИНХРОНИХ ДВИГУНІВ

Сеvрук С.Г. – магістрант, sevruk_sg@gsuite.duit.edu.ua
Малюк С.В. – ст. викладач, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
*Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій
Україна, м. Київ*

GENERALIZATION OF TESTING METHODS FOR ASYNCHRONOUS MOTORS

Sevruk S.G. – master's student, sevruk_sg@gsuite.duit.edu.ua
Malyuk S.V. – Art. Teacher, maliuk_sv@gsuite.duit.edu.ua
*Kyiv Institute of Railway Transport
State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv*

Abstract. The article provides an analysis of the main schemes for testing asynchronous electric motors. There are two main groups of test benches, the circuit solutions of most of

which are based on the application of electromechanical converters. The advantages of such schemes are simplicity of design and maintainability and are determining factors in the choice of test method. At the same time, the low efficiency and laboriousness of the tests significantly limit the possibility of using these devices. After identifying the disadvantages and advantages of these devices and taking them into account, a modernized scheme for testing asynchronous motors is proposed. The circuit is based on a converter based on electric machines, which has the properties of unhindered recuperation of electrical energy into the network.

Keywords: asynchronous motor, load methods, electric current, mechanical power, torque, commutation, network frequency.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю узагальнення методів випробування асинхронних двигунів після ремонтів на локомотивних підприємствах.

Метою роботи є проведення аналізу способів діагностики асинхронних двигунів, обґрунтування методики діагностування асинхронних двигунів.

Найбільш ефективним режимом випробування електричних машин після ремонту є режим максимально наближений до експлуатаційного. Інакше кажучи, повну картину разом із обов'язковими заходами контролю стану електричних машин можуть дати випробування машини під навантаженням [1]. Очевидно, що такі операції, як, наприклад, вимірювання рівня вібрації або стану підшипників, краще виконувати в умовах, що відповідають їх експлуатаційним, а саме під навантаженням. У той же час вони складніше реалізуються. Методи випробувань можна розділити на дві групи: з безпосереднім навантаженням та з динамічним навантаженням. Як безпосереднє навантаження першої групи методів випробувань найчастіше використовується електрична машина, пов'язана механічно з випробуваним електродвигуном. У той час як друга група методів відноситься до штучного навантаження, випробування здійснюються в режимі холостого ходу. Суть методу полягає у різкому зменшенні частоти обертання машини у процесі випробувань, що призводить до рекуперативного гальмування та підвищення струмів статора.

Найбільшого поширення набув спосіб випробувань з безпосереднім навантаженням без рекуперації електроенергії (рис. 1). В рамках випробувань з асинхронним електродвигуном (1) механічно з'єднують (4) генератор постійного струму (2), який у свою чергу працює на активний опір (3), як показано на рис. 1.

В рамках даного методу як навантаження для асинхронного електродвигуна виступає генератор, температура нагрівального елемента характеризує роботу електродвигуна. Цей спосіб є найпростішим, але має такі недоліки:

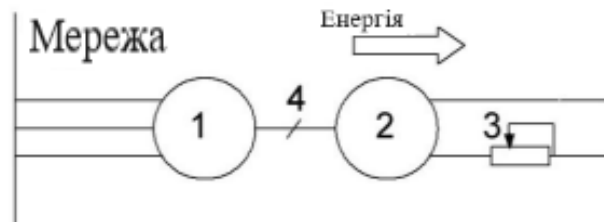


Рис. 1 – Схема випробування асинхронних двигунів з безпосереднім навантаженням без рекуперації електроенергії.

1. Електричні машини з'єднані механічно. Для цього необхідний складний процес центрування, який є досить трудомістким і включає безліч етапів. Так як на локомотиворемонтних підприємствах перевірку проходять двигуни різних марок, то невідповідність розмірів випробувального обладнання та двигунів, що піддавалися ремонту, є ускладненням під час випробувань. Для проведення випробувань за цих умов необхідним є центрування електричних машин та виставлення їх за висотою під час роботи з кожною наступною машиною. Це передбачає використання додаткового складного устаткування.

2. Наявність резистора у схемі передбачає розсіювання електричної енергії генератора у вигляді тепла. За наявності великої кількості стендів на великих локомотиворемонтних підприємствах та випробуваннях електричних машин великої потужності втрати можуть виявитися суттєвими, тому для покращення енергоефективності були розроблені способи рекуперації електричної енергії в мережу.

Найбільш поширеною схемою випробувань асинхронних електродвигунів під навантаженням із віддачею енергії у мережу є схема [2], представлена на рис. 2.

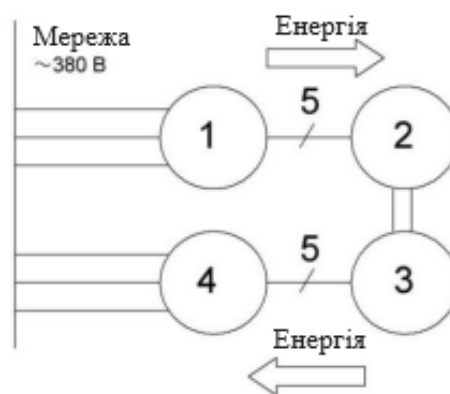


Рис. 2 – Схема випробування із безпосереднім навантаженням із рекуперацією електричної енергії

При проведенні випробувань за цією схемою випробуваний асинхронний електродвигун (1) живиться від мережі змінного струму (у разі необхідності регулювання напруги двигун з'єднується з мережею через автотрансформатор

або індукційний регулятор) і обертає навантажувальний генератор постійного струму (2). Якір генератора з'єднаний з якорем двигуна постійного струму (3) за допомогою механічного з'єднання (5). За допомогою валу (5) швидкість електродвигуна постійного струму підтримується незмінною. Двигун (3) механічно з'єднаний із синхронним генератором (4), що віддає енергію в мережу.

Аналіз недоліків зазначеного пристрою виявив складність його конструкції, а також узгодження частот обертання випробуваного асинхронного електродвигуна та генератора. З метою узгодження частот випробуваної та навантажувальної машин використовуються механічні з'єднання електричних машин, пов'язані з трудомісткими процесами центрування. Крім того, випробування машин на випробувальних стендах такого роду пов'язані з підстроюванням по потужності та конструкції машин, що передбачає використання великого парку навантажувальних машин та генераторів.

Крім зазначених схем випробування асинхронних тягових двигунів існує ще схема випробування із безпосереднім навантаженням і частотним керуванням (рис. 3).

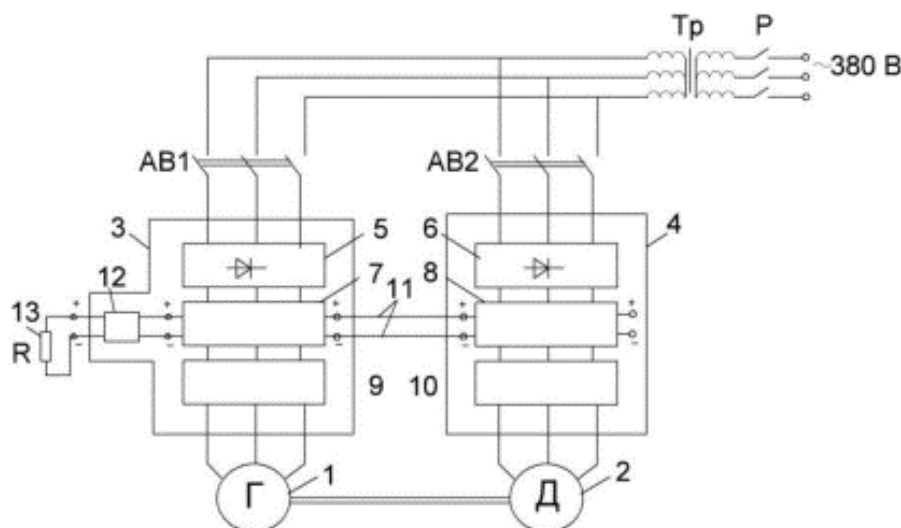


Рис. 3 – Схема випробування асинхронних двигунів із безпосереднім навантаженням і частотним керуванням

Цей спосіб дозволяє проводити випробування при різних частотах обертання, а також здійснювати повернення енергії до мережі (рис. 3). Механічно пов'язані асинхронні електродвигуни підключають до однотипних частотних перетворювачів із загальною ланкою постійного струму. Далі за допомогою перетворювачів проводиться плавний пуск електродвигунів до частоти обертання, що випробовується. Таким способом забезпечується стійкість системи самозбудження, і як наслідок, цей двигун переходить в режим

генератора, який через ланцюг загальної ланки постійного струму передає енергію до парного електродвигуна.

Також схема дозволяє здійснити зміну режимів роботи сполучених електродвигунів, не змінюючи розташування машин.

Ефективність способу випробування асинхронних електродвигунів досягається за рахунок скорочення енерговитрат до 70-75%, так як споживана потужність під час випробувань знижується і становить лише 25–30% від номінальної потужності електродвигуна, та при цьому ефективність також досягається за рахунок можливості проведення випробувань під навантаженням при різних частотах обертання електродвигунів.

Даному способу притаманні недоліки та невідповідності:

- неможливість рекуперації електроенергії в мережу при використанні перетворювача частоти із ланкою постійного струму. Цей пристрій забезпечує подвійне перетворення енергії за допомогою випрямляча та інвертора, які не здійснюють роботу у зворотному напрямі. Для цього можливо застосування перетворювачів з безпосередньою комутацією. Однак із застосуванням даного пристрою пов'язані труднощі з гасіння поля та стійку роботу асинхронного електродвигуна в генераторному режимі;

- наявність механічних зв'язків між електричними машинами. Як і у всіх навантажувальних стендах з механічними зв'язками, випробування машин ускладненні процесом центрування;

- застосування однотипних перетворювачів частоти. Цей недолік пов'язаний із випробуванням після ремонту різних електродвигунів різних типів та призначення. Крім того, що пристрій призначений для випробування машин приблизно однакової потужності з метою отримання оптимального моменту навантаження, воно також передбачає застосування однакових досить дорогих перетворювачів.

Висновок. З усього вищевикладеного можна зробити деякі висновки. По-перше, в даний час не набули поширення стенди для випробування асинхронних двигунів на основі електричних машин. Це суттєвими недоліками таких схем зважаючи на складність їх конструкції. Низький коефіцієнт корисної дії та суттєві втрати електричної енергії обмежують застосування таких пристроїв. По-друге, можливим рішенням є метод навантаження з використанням перетворювачів частоти, які позбавлені перерахованих недоліків. Перетворювачі на основі електричних машин мають просту конструкцію, високий ступінь ремонтпридатності та мають властивості безперешкодної рекуперації електричної енергії у мережу.

Л і т е р а т у р а

1. Правила ремонту електричних машин електровозів і електропоїздів. ЦТ-0063 [Текст]. К. : Видавничий дім «САМ», 2003. 286 с.
2. Прус В.В., Колотило І.А., Угаров А.В. Комп'ютеризований комплекс для післяремонтних випробувань асинхронних двигунів зі зміною властивостей пакетів сталі статорів. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. 2005. №3(32). С. 184-198.
3. Закладний О.М., Закладний О.О. Універсальний діагностувальний комплекс для прискорених випробувань електродвигунів. Інформаційний збірник «Промислова електроенергетика та електротехніка». 2007. №4. С. 35- 39.
4. Купін А. І., Кузнєцов Д. І. Інформаційна технологія для групової діагностики асинхронних електродвигунів на основі спектральних характеристик та інтелектуальної класифікації. Кривий Ріг : Видавець ФО-П Чернявський Д. О., 2016. 200 с.

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ

**II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти,
викладачів та науковців «СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА
ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» 2023 р.**

Частина 1

Відповідальний за випуск Губаревич О.В.
inconferencesyit@gmail.com

Технічний секретар конференції Поліщук О.С.

Статті надруковано в авторській редакції.
Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації,
що наведена в роботах, і залишає за собою право не погоджуватися
з думками авторів щодо розглянутих питань

Articles are published in the author's edition.
The editorial board is not responsible for the accuracy of the information,
that is given in the works, and reserves the right to disagree
with the opinions of the authors on the issues under consideration

Підписано до випуску 15.12.2023.
Замовлення № 2265-09/23.

Підготовлено до випуску в редакційно-видавничому відділі
Державного університету інфраструктури та технологій.
Київський інститут залізничного транспорту.
Свідectво про реєстрацію Серія ДК № 6148 від 18.04.2018.
03049. м. Київ, вул. І. Огієнка, 19.